nelhor sorte. O autor mais favorecido com traduções em português é Skinner, e bem que algumas das suas mais importantes obras só existam em inglês, omo *The behavior of organisms* ou *'umulative record*. Os livros disponíeis em edições brasileiras são os seguintes:

Ausubel, D. P., Novak, J. D. e Hanesian, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro, Interamericana, 1980.

Bandura, A. *Modificação do comportamento*. Rio de Janeiro, Interamericana, 1979.

Estes, W. K. *Aprendizagem*. Em Dodwell, P. C., coord. *Novos horizontes da psicologia*. São Paulo, Ibrasa, 1979, pp. 17-39.

Holland, J. G. e Skinner, B. F. *A análise do comportamento*. São Paulo, EDUSP/ Herder, 1972.

Koffka, K. *Princípios de psicologia da gestalt*. São Paulo, Cultrix, 1975.

Köhler, W. *Köhler* (seleção org. por R. Angelmann). São Paulo, Ática, 1978.

———. *Psicologia da gestalt*. Belo Horizonte, Itatiaia, 1968.

Skinner, B. F. *Ciência e comportamento humano*. Brasília, Editora da Universidade de Brasília, 1967.

———. *Comportamento verbal*. São Paulo, Cultrix, s.d.

———. *O mito da liberdade*. Rio de Janeiro, Bloch, 1972.

———. *Walden II*. São Paulo, EPU, 1972.

Alguns escritos de Pavlov sobre o condicionamento clássico, que ocupa posição central em várias teorias da aprendizagem, podem ser encontrados em traduções para o português:

Pavlov, I. P. *Fisiologia e psicologia*. Lisboa, Cor, c. 1970.

———. *Pavlov* (coletânea org. por I. Pessotti). São Paulo, Ática, 1979.

———. *Reflexos condicionados e inibições*. Rio de Janeiro, Zahar, 1972.

In: Pfromm Netto, S. Psicologia da Aprendizagem e do Ensino. São Paulo: EPU. Edusp, 1987

Capítulo 6

A aprendizagem como processamento de informação

Que é processamento humano de informação? Comunicação e informação. Implicações individuais e sociais da informação. O ciclo da informação e as quatro gerações da tecnologia da informação. Impacto educacional das novas tecnologias da informação. Informação e aprendizagem humana. A entrada de informação. A mente humana como central de processamento. Memória sensorial, a curto prazo e a longo prazo. Por que esquecemos? Memória como processo: níveis de processamento. Memória semântica e memória episódica. Tipos de informação na memória. Processamento controlado e automático. Recuperação de informação e inibições. A propriedade associativa da memória e a importância da organização da informação. Processamento de roteiros e textos. Saída: usos da informação armazenada. Saída e *feedback*. Resolver problemas.

Em 1973, por ocasião da abertura da 2.ª Conferência Nacional de Tecnologia da Educação Aplicada ao Ensino Superior, alertamos os educadores para os novos rumos da psicologia da aprendizagem e do ensino, centrados nas perspectivas emergentes da psicologia cognitiva e do processamento humano de informação (Pfromm Netto, 1973a). Eram já visíveis os indícios, àquela época, da importância crescente que assumiria uma concepção de aprendizagem humana mais voltada para os processos de que se valem as pessoas para codificar, armazenar e recuperar informações, aberta a indagações sobre estratégias cognitivas, transformações das informações na mente, tomadas de decisão, representação da informação na memória, compreensão e solução de problemas. Uma concepção de aprendizagem segundo a qual o ser humano não é um organismo passivo que reage, sob o controle de circunstâncias ambientais que o dominam de maneira simples, mas "um organismo que age sobre o ambiente e está continuamente esquadrinhando o mundo em busca de informação, que é, então, organizada e reorganizada internamente — um organismo ativo que conta com grande capacidade para ignorar circunstâncias imediatas e não ser controlado por elas, a fim de alcançar metas mais amplas e distantes" (Travers, 1973, p. VI).

O estudo científico do processamento humano de informação progrediu bastante nos últimos vinte anos, deslocando os psicólogos da aprendizagem das suas antigas preocupações (associação entre estímulo e resposta, mudança de comportamento, alterações nas probabilidades de respostas) para as transições entre estados de conhecimento ou estágios de processamento, que diferem em características qualitativas. Ao mesmo tempo, os pesquisadores desenvolveram análises detalhadas dos processos e da estrutura da memória humana, e da organização dos conhecimentos em nossa mente (Greeno, 1980). A aprendizagem passou, dessa forma, a ser encarada como um processo de modificação e combinação de estruturas cognitivas e a informação ganhou o *status* de matéria-prima de que é feita a aprendizagem.

A noção central no processamento de informação é a de que "os seres humanos assimilam informações do ambiente, transformam essa informação de acordo com processos centrais que, em princípio, são compreensíveis, e usam essa informação transformada como base para futuros comportamentos. Os modelos de processamento de informação pertencem à categoria geral de modelos cognitivos e possibilitam um grau bem maior de flexibilidade e complexidade nos processos envolvidos do que as teorias do estímulo-resposta" (Biggs, 1971, p. 122).

O processamento humano de informação é menos uma teoria formal acabada, do tipo das teorias resumidas no capítulo 5 do que uma perspectiva, abordagem ou orientação geral em expansão — é, aliás, a orientação atualmente dominante na psicologia experimental. Não há um "pai" ou um nome ilustre a ser destacado aqui. Os numerosos psicólogos dessa orientação compõem uma grande comunidade científica, com sua linguagem especializada, suas pressuposições comuns, seus métodos preferidos de pesquisa, seus problemas prioritários. O exame das obras de alguns dos que mais têm contribuído para o desenvolvimento dessa nova perspectiva (Broadbent, 1958, 1971; Chase, 1973; Claxton, 1980; Gregg, 1974; Kantowitz, 1974; Klatzky, 1980; Lachman, Lachman e Butterfield, 1979; Lindsay e Norman, 1977; Loftus e Loftus, 1976; Neisser, 1967, 1976, 1982; Norman, 1970, 1976, 1981, 1982; Newell e Simon, 1972; Simon, 1979b, 1981; Underwood, 1976, 1978) mostrará que, apesar da existência de muitos denominadores comuns, há divergências teóricas, de interpretação e de procedimento, associadas a propostas de diferentes modelos teóricos do processamento de informação. Evitaremos neste capítulo a consideração dessas divergências, limitando-nos às características mais gerais do processamento de informação, que ajudam a compreender a aprendizagem humana e o ensino e a torná-los mais eficientes.

6.1. Comunicação e informação

Comunicação é termo genérico, usado para designar o processo de compartilhamento de pensamentos, conhecimentos, desejos, intenções, sentimentos, estados de ânimo. Graças a um ato de comunicação, duas ou mais pessoas experimentam um sentido de comunhão, de repartição entre si, de algo em comum. Para fins teóricos, de pesquisa e aplicação, isso que passa a ser compartilhado entre as pessoas em virtude da comunicação chama-se informação. Comunicar é transmitir informação.

A noção de informação pode ser entendida de modo bastante preciso, como redução de incerteza ou como medida quantitativa para signos ou sinais trocados entre uma fonte e um receptor. Esta maneira de conceber a informação pertence ao domínio da *teoria da informação* ou da transmissão de informações por meios elétricos e eletrônicos.[1] Podemos, entretanto, caracterizar a informação de modo mais amplo, para significar quaisquer expressões, deliberadas ou não, do que vai pela mente de quem informa, quer se trate de um organismo humano, quer se trate de um animal, assim como quaisquer itens, indícios ou pistas que orientam nossos pensamentos e ações, ou nos ajudam a compreender o que se passa fora ou dentro de cada um de nós. A palavra *conhecimento* tem sido tradicionalmente usada para designar a informação dentro de nós.

De acordo com o sentido mais genérico do termo informação, uma conversa, uma aula ou um livro nos fornecem informações, mas é igualmente correto afirmar que o geólogo detecta informações em fósseis, pedras e aspectos da crosta terrestre; o astrônomo recolhe informações sobre a posição relativa e os movimentos dos astros, assim como sobre a constituição destes, valendo-se de instrumentos especiais; o mecânico capta informações dos componentes do automóvel a fim de detectar defeitos e corrigi-los; o botânico examina uma planta para colher informações sobre sua estrutura e forma, sua fisiologia, sua classificação etc.; e meu estômago me informa que preciso me alimentar. Batimentos cardíacos, nuvens no céu e características físicas que identificam um cavalo são informações naturais. Um discurso, um poema, um telefonema, uma pintura são informações construídas ou elaboradas. Buscamos, recebemos, elaboramos, fornecemos, pedimos e compartilhamos informações.

Qualquer atividade humana, na verdade, depende tanto de matéria e energia como de informação. Considera-se esta última como um recurso tão fundamental quanto a energia e a matéria. A informação afeta todas as atividades realizadas pelos seres humanos. É uma ligação insubstituível entre as atividades intelectuais e materiais. Adequadamente armazenada, não se degrada nem é destruída pelo uso.

O comportamento do ser humano é determinado pelo fluxo interno de informações no seu sistema nervoso. O ser humano é um sistema altamente complexo, que luta para impor organização e sentido às informações que recebe através dos órgãos sensoriais. Processar informação é a principal tarefa mental a que se dedicam os seres humanos. As pessoas detectam continuamente informações do ambiente e as interpretam com base em experiências passadas. Armazenam, manipulam e recodificam porções dessas informações. O êxito ou o malogro de pessoa, em qualquer aspecto ou dimensão de sua existência, depende grandemente de sua maior ou menor capacidade de buscar, captar e organizar adequadamente as informações disponíveis.

Na vida diária, valemo-nos continuamente tanto de informações naturais como de informações construídas ou deliberadamente elaboradas pelo homem. A informação captada pelos órgãos sensoriais é selecionada, interpretada, classificada e organizada pela mente da pessoa. Somos capazes não só de memorizá-la, como também de recuperar as informações disponíveis e aplicá-las a uma extraordinária variedade de operações, entre as quais as de guiar nossos próprios atos, refletir, avaliar, resolver problemas, governar nossas interações com o mundo físico e as pessoas, e criar novas informações sob a forma de idéias, versos, produtos, processos, instrumentos.

6.2. Implicações individuais e sociais da informação

"Informar ou ser informado, isto é, emitir ou receber uma informação

[1] Em teoria matemática da informação, esta é medida em *bits*. Um bit é a quantidade de informação que distingue entre duas alternativas com igual probabilidade. A quantidade de informação é igual ao logaritmo de base dois do número de alternativas possíveis: $I = \log_2 N$. De acordo com esta equação, o N (número de alternativas) é dois no jogo de uma moeda, dez no caso dos dígitos e 26 no das letras do alfabeto latino. A quantidade de informação correspondente a cada um desses casos (I), respectivamente, é 1,00, 3,32 e 4,70. Nesse sentido quantitativo, alguns estímulos (as letras, por exemplo) contêm mais informação do que outros estímulos (p. ex., os dígitos).

...ios tão familiar quanto o fato de res-...irar ou comer", diz Reboul (1977). A *ação dos homens* está estreitamente gada à informação que possuem, e sto os psicólogos explicam dizendo ue as volições, as decisões, os atos dos ndivíduos se esclarecem e se preparam or mecanismos e operações dependen-es do domínio mental relativo à in-ormação."

No plano individual, um nível satis-atório de vida e oportunidades de pro-resso pessoal são, em grande parte, eterminados pela amplitude e qualida-e do repertório de informações da pes-oa, assim como por sua *competência ıformática*, isto é, suas maiores ou me-ores eficiência e presteza no emprego e habilidades e estratégias relaciona-as com a busca, seleção, compreen-ão e uso de informações relevantes ara os seus propósitos. Ao nível das ociedades, o êxito ou o malogro igual-ente se relacionam, e em alto grau, om planos, programas e matrizes de nformações disponíveis e com seu uso nteligente. Consideradas como um to-lo, as sociedades menos desenvolvidas ão particularmente precárias em maté-a de informação. Estas tendem a ser scassas, rudimentares, de difícil aces-o, desigualmente distribuídas na po-ulação, pobres no âmbito científico tecnológico, provincianas (quando ão chegam a ser declaradamente anti-osmopolitas), xenófobas e anacrônicas. m sociedades demasiado atrasadas, só ma diminuta parcela dos cidadãos tem cesso à vastíssima gama de informa-ões de todos os tipos, ao contrário do ue ocorre nas sociedades mais avan-adas. A explosão de conhecimentos, niciada em meados do século vinte, gravou consideravelmente este estado e coisas, e tende a agravá-lo ainda nais, nas próximas décadas, nas nações mergentes ou menos desenvolvidas ue adotam políticas hostis à difusão da informação em larga escala e não se empenham no desenvolvimento da competência informática, acima referida, nas crianças e nos jovens.

O fácil, rápido, livre e universal acesso a informações objetivas, confiáveis e bem fundamentadas, constitui um dos principais divisores de águas entre as sociedades abertas e as sociedades fechadas, entre os regimes totalitários e os regimes não totalitários. Controlar as fontes e o trânsito de informações, impondo à população uma única e imensa máquina estatal, altamente centralizada, de coleta, manipulação e disseminação de informações de qualquer natureza, tem sido e continua sendo a marca registrada dos totalitarismos de todos os matizes. Informação é poder; informação democraticamente compartilhada é poder compartilhado. Quando se garante efetivamente, a qualquer pessoa, o fácil acesso à informação, tanto pela disponibilidade de informações de todos os tipos como em decorrência da ênfase atribuída nas escolas ao desenvolvimento das habilidades e estratégias informáticas, reduz-se a importância dos que só dispõem de poder ou autoridade em virtude das informações particulares que mantêm em segredo ou sob estrito controle. A resistência a planos, projetos e iniciativas de democratização da informação decorre, muitas vezes, do temor tanto da perda de poder como da redução ou extinção de certas vantagens pessoais ou grupais.

Um dos principais desafios em matéria de desenvolvimento de habilidades informáticas em crianças e jovens se refere à necessidade de aprender a discriminar entre informação segura, objetiva, confiável, fidedigna e informação sem essas características ou pseudo-informação. Esta última assume múltiplas formas, desde o charlatanismo e a crendice primários e as deformações grotescas da verdade, até manipulações de tipo mais sutil e industrioso, com o uso de mentiras, calúnias, torpezas, boatos e expedientes similares. Estratégias de pensamento lógico-formal e discriminação informática inteligente podem ser desenvolvidas desde cedo nas crianças, levando-as a compreender e a avaliar adequadamente a objetividade, a fidedignidade e a competência profissional especializada da fonte; a diferençar os fatos dos juízos de valor; a detectar argumentos falaciosos, parciais, tendenciosos ou espúrios; a exigir provas susceptíveis de confirmação; a discriminar entre raciocínio lógico bem fundamentado e meros jogos de palavras, chavões e apelos emocionais primários. Numa sociedade aberta, o desenvolvimento desse treinamento em discriminação cognitiva é de vital importância, como forma básica de defesa contra o sensacionalismo, a superficialidade e o engodo, intencionais ou não, que caracterizam certos tipos não confiáveis de comunicação interpessoal ou de massa. Além disso, o reconhecimento da complexidade e da dificuldade inerentes a problemas que envolvem grande número de variáveis e exigem alta dose de pensamento abstrato, para os quais não existe uma causação linear simples, nem soluções definitivas e imediatas, opera como antídoto às tendências, muito comuns entre nós, de busca de bodes expiatórios, panacéias e pseudo-soluções românticas e simplistas que não resistem ao primeiro sopro dos testes da realidade.

As habilidades instrumentais básicas para o acesso à informação e seu armazenamento no sistema nervoso de cada indivíduo (p. ex., saber ver, ouvir, ler e escrever, lidar com algarismos, conceitos e operações matemáticos, utilizar equipamentos como máquinas de escrever e de calcular, valer-se de aparelhos que registram e reproduzem informação) demandam cuidadoso e prolongado treinamento. No caso das habilidades primárias essenciais conhecidas, como ler, escrever e contar, que são pré-requisitos para todas as demais, o treinamento requer ação individualizada e assistência diretas, constantes, pacientes e prolongadas a cada aprendiz.

6.3. O ciclo da informação e a tecnologia da informação

As informações deliberadamente produzidas pelo homem pertencem a um *ciclo da informação* (ou do conhecimento), que compreende (1) a criação, (2) o registro, (3) a disseminação ou propagação e (4) o uso ou aplicação de informações. O ciclo da informação abrange grande número de processos, equipamentos, materiais, práticas, problemas e perspectivas. Assume características mais ou menos diferenciadas em cada área do conhecimento humano, básico ou aplicado. A moderna concepção de ciclos de informação contrasta com a maneira tradicional de conceber a cultura como uma espécie de vastíssimo cemitério de informações ou um painel estático formado de montanhas de conhecimentos acumulados pela humanidade ao longo de sua história.

A noção de ciclo de informação dá particular ênfase ao dinamismo e às mudanças de informação no atual contexto da vida humana. Nos ciclos de informação, acham-se mobilizadas, vivas, palpitantes as interrogações e as respostas do homem a respeito de si próprio e de tudo que o cerca, próximo ou remoto, assim como as expressões do seu eu e dos seus sentimentos, da sua visão singular do mundo, das pessoas e das coisas. As informações funcionam como fontes constantemente revistas, melhoradas e ampliadas de

›pções abertas a cada um de nós. ›prendidas ou simplesmente detectadas, judam-nos a tomar decisões, a esco- ›er entre várias possíveis vias de ação, resolver pequenos e grandes proble- ›as. Além dos conhecimentos consoli- ados e documentados, compreendem gualmente costumes, padrões de valor, stilos, estratégias, diretivas, habilida- es, crenças, descobertas, invenções, revisões, procedimentos, tudo, enfim, ue possa servir de orientação e suporte ação e ao pensamento. Abrangem nto dados, idéias e práticas "congela- os", estáveis, ou que perduram por ›ngo tempo, como o incessante e cons- ›ntemente acrescido fluxo de novos ados, novas concepções, novos proce- imentos.

Todos os procedimentos, equipamen- ›s, materiais e organizações que tratam › registro, armazenamento, recupera- ›o, reprodução e difusão de informa- ›es constituem a *tecnologia da infor- ›ação*. Ao contrário do que ocorre na ›municação direta (ou face a face) de ›na pessoa para outra, a comunicação ›e veiculam é necessariamente media- › por máquinas específicas. Quer se ate de recursos relativamente simples, › baixo custo, num extremo, quer, no ›tro, de aparelhamento extremamente ›mplexo e custoso, os equipamentos materiais mediadores servem para re- strar, recuperar, emitir (ou reprodu- r) e armazenar informações, assim co- o para a recepção destas pelo usuário. ›põem sempre a existência de (a) uma *nte*, que prepara (b) *mensagens* sono- s, escritas, pictóricas, ou combina- ›es destas várias modalidades, (c) va- ndo-se de algum tipo de *suporte físico ra registro* das informações (papel, ta, filme, microforma, disco e outros) › modo permanente ou semipermanen- , ou de (d) algum *veículo para emis- ›* das informações (telefone, rádio, televisão, base de dados para computadores).

Ao longo dos séculos, o homem criou e aperfeiçoou múltiplas formas de superação artificial das limitações inerentes à transmissão oral e gestual de informação, pois este tipo direto de transmissão é demasiado fugaz (*verba volant, scripta manent*: as palavras ditas oralmente voam, as escritas ficam, segundo o provérbio latino). Além disso, é lento, de alcance muito limitado no espaço, sujeito a omissões, acréscimos e deformações, quando transmite em cadeia (de A para B, de B para C e assim por diante), e parcial ou totalmente inadequado para certos tipos de informação. Em suma, é muito limitado e vulnerável. A *pré-história* da tecnologia da informação trata do surgimento e do aperfeiçoamento de representações pictóricas e de escrita, que começou há dezenas de milhares de anos, com pinturas em cavernas e rochas. Há uns cinco mil anos apenas, surgiram os primeiros textos fixados em suportes resistentes à ação do tempo, graças à criação de sistemas de escrita logo-silábica, depois silábica e finalmente alfabética. Na *história* da tecnologia da informação propriamente dita, que tem apenas cinco séculos, são geralmente reconhecidas quatro gerações, mencionadas a seguir, com os inventos e inventores correspondentes.

Primeira geração. Meios impressos, a partir de meados do século quinze (Gutenberg).

Segunda geração. Registro de imagens e sons. Fotografia (primeira metade do século passado: Niepce, Daguerre, Talbot, Florence) e gravação e reprodução de sons (segunda metade do século passado: Edison, Berliner, Poulsen; século vinte: DeForest, Pfleumer).

Terceira geração. Rádio e televisão, no século vinte, a partir de desenvolvimentos em matéria de telecomunicação ocorridos no século anterior — telégrafo, telefone, telegrafia sem fio (Cooke e Wheatstone, Morse, Reis, Graham Bell, Gray, Hertz, Marconi, Popov, De-Forest).

Quarta geração. Meios cujo emprego só teve início ou vem se generalizando nos últimos cinqüenta anos: computador, microforma, videocassete, videodisco e outros (cf. Pfromm Netto, 1984).

O impacto das novas tecnologias da informação na educação tem sido objeto de numerosos estudos recentes. Um desses estudos, publicado pelo Congresso dos EUA (1982), destaca vários pontos essenciais, resumidos aqui.

1. A sociedade moderna está passando por profundas mudanças tecnológicas e sociais, resultantes do que vem sendo denominado "revolução da informação". Essa revolução é caracterizada por desenvolvimentos explosivos nas tecnologias eletrônicas de informação que se expandem no mundo, abrangendo-o como um todo. Os impactos desta revolução afetam indivíduos, instituições e governos, alterando o que fazem, como o fazem, e como se relacionam uns com os outros.

2. Se as pessoas devem desenvolver-se num mundo a ser moldado em larga escala por esses progressos tecnológicos, é preciso que se adaptem a ele por meio de educação e treinamento. O crescente uso da tecnologia da informação em toda a sociedade está criando novas e grandes demandas em matéria de educação e treinamento e aumentando as penalidades econômicas e sociais que pesarão sobre nós, se não respondermos rápida e eficientemente a essas novas demandas.

3. A tecnologia da informação é significativamente promissora como um mecanismo para responder às necessidades de educação e treinamento da sociedade e tenderá a ser um dos seus principais veículos nas próximas décadas.

4. As novas tecnologias integrar-se-ão de modo a constituir novos e inesperados tipos de produtos e serviços de informação, que poderão ser proporcionados diretamente ao lar, através de linha telefônica ou ondas aéreas. É razoável admitir que afetarão radicalmente muitos aspectos da maneira pela qual a sociedade gera, obtém, usa e dissemina informação para fins profissionais ou de lazer.

5. Alguns especialistas sugerem que o uso de computadores pelos estudantes ensina-lhes novos modos de pensar e novos modos de resolver problemas, mais adequados para a idade da informação. É necessário planejar a nova tecnologia educacional, a fim de facilitar sua integração nas escolas e em outras instituições educacionais que farão uso dela. Algumas adaptações de currículos, horários e organização das salas de aula serão necessárias, mas tudo indica que as mudanças não serão extremas.

6. O uso generalizado de tecnologia nas escolas dependerá do treinamento dos professores, tanto no seu uso como na produção de bons materiais curriculares. A qualidade do material (*software*) educativo presentemente disponível — material curricular planejado para a tecnologia educacional — não é muito boa. Espera-se que bom *software* passe a ser disponível, se seus produtores puderem dispor de quantidade suficiente de *hardware* (equipamento) nas escolas, que lhes proporcione um mercado viável.

7. Assistimos ao surgimento de uma sociedade de informação, dependente da criação, uso e comunicação de informação para seu bem-estar econômico e social.

O ciclo da informação e a tecnologia da informação considerados até aqui

.am basicamente da informação *fora* dos seres humanos, em registros escritos ou em imagens, em vídeo, em áudio, em programas de computadores. Embora seja evidente o interesse que apresentam para fins de ensino e aprendizagem, convém ressaltar que esta última é essencialmente processamento de informação *dentro* de cada aprendiz, e disto tratam os parágrafos seguintes.

6.4. Informação e aprendizagem humana

Pode haver informação sem aprendizagem. Mas não há aprendizagem, por mais simples, rápida e direta que esta possa ser, sem informação. O acesso à informação e o processamento desta no sistema nervoso do indivíduo têm sido objeto de particular atenção dos pesquisadores devotados, desde a década de sessenta, a estudos sobre recepção, seleção, aquisição, transformação e organização das informações fornecidas através dos sentidos, notadamente no contexto da aprendizagem e do ensino.

Desde fins do século passado até meados do século atual, uma psicologia da aprendizagem mais descritiva do que prescritiva explorou a natureza e os possíveis fundamentos da aprendizagem, a um nível predominantemente molecular ou de micro-aprendizagem, em situações de laboratório. Primeiramente, conforme foi assinalado nos capítulos 3 e 5, a aprendizagem foi concebida como associação de idéias, com base nas especulações filosóficas dos séculos 18 e 19; depois, de várias maneiras: como associação verbal (Ebbinghaus), condicionamento clássico (Pavlov), aprendizagem por ensaio e erro ou instrumental (Thorndike), solução de problemas por *insight* e reestruturação perceptiva (Wertheimer, Köhler, Koffka), reforçamento e condicionamento operante (Hull, Skinner e outros). Se excetuarmos as contribuições de Wertheimer e seus companheiros gestaltistas, a maior parte dessa tradição caracterizou-se pela ênfase dada ao comportamento manifesto dos organismos (behaviorismo) e a mecanismos simples, do tipo estímulo-resposta.

Na segunda metade do século atual, novos modelos e concepções sobre a aprendizagem humana passaram a explorar mais os aspectos cognitivos desta, concentrando-se na investigação das formas pelas quais cada aprendiz seleciona, interpreta e transforma (processa) as informações em suas estruturas nervosas internas. Essa mudança de ênfase da psicologia, do comportamento manifesto e dos mecanismos de estímulo-resposta simples para a cognição, com seus processos e estruturas bastante complexos, deveu-se, em grande parte, à insatisfação e à desilusão com ambiciosos modelos do passado, que, na prática, provaram ser menos eficazes e abrangentes do que supunham seus propugnadores, e, de outro, a vários desenvolvimentos científicos e tecnológicos ocorridos mais recentemente na computação, na teoria matemática da aprendizagem, nas neurociências, na lingüística, nos modelos de pensamento humano e inteligência artificial e na cibernética. Lachman (1984) assinala que o movimento do processamento de informação inegavelmente derivou sua maior força da insatisfação generalizada com o behaviorismo dominante na psicologia entre 1930 e 1960; no entanto, os psicólogos do processamento de informação compartilham com seus predecessores behavioristas uma sólida confiança no empirismo, no operacionismo e no ideal nomotético.[2] Se bem que mantendo essas preferências mais gerais, de caráter metodológico e estatístico, adotaram, contudo, novos modos de encarar problemas familiares e reformularam a linha de experimentos de psicologia. A nova concepção rejeitou particularmente três características do behaviorismo: a extrapolação geral a partir de um pequeno conjunto de princípios de aprendizagem, o uso de animais como fonte de dados e de princípios gerais e a admissão do condicionamento como forma fundamental de aprendizagem. Ao mesmo tempo, e talvez o que é mais importante, a psicologia do processamento humano de informação posicionou-se contra três bandeiras fundamentais do behaviorismo: a ênfase antimentalista, o ambientalismo extremado e a ênfase exclusiva nas causas externas do comportamento. Dessa forma, "as capacidades inatas foram reintroduzidas na psicologia, e, ao mesmo tempo, foram propostos processos internos como planos, estratégias, imagens e decisões. Os experimentos com seres humanos substituíram a experimentação animal e os processos internos foram articulados com os determinantes externos do comportamento" (Lachman, 1984, p. 214; Lachman, Lachman e Butterfield, 1979, cap. 2).

A reformulação em marcha, na atualidade, da psicologia da aprendizagem, em termos de processamento de informação, não é senão um aspecto dos novos rumos que vêm assumindo tanto a teorização e a pesquisa como a prática, no âmbito da psicologia, graças à abordagem considerada aqui. No estudo do desenvolvimento psicológico da criança, em psicologia aplicada ao trabalho e às organizações, em várias áreas das psicologias social, fisiológica, experimental, educacional, da personalidade e clínica, assim como em campos mais recentes da psicologia (como a psicologia do consumidor, a psicologia do trânsito, a psicologia ambiental), as concepções de processamento de informação estão demonstrando sua utilidade e sua importância.

6.5. Um ponto de partida: a entrada da informação

Procuramos, detectamos, apreendemos, incorporamos e utilizamos informações. Dentro de nós, as informações existem como *representações* internas armazenadas em *estruturas cognitivas*. Manipulamos de muitos modos essas representações organizadas, a fim de responder de modo adaptado às demandas do ambiente. O processamento de informação no ser humano é um processo contínuo, dinâmico e complexo. Para fins didáticos, podemos segmentá-lo em três estágios principais: entrada, processamento propriamente dito e saída.

Entrada refere-se tanto às portas sensoriais abertas, para que a informação passe do ambiente para o sistema nervoso do organismo, como aos mecanismos e recursos de que este dispõe para buscar, detectar e captar parte da massa de informações disponíveis no meio que o cerca. Os processos neurofisiológicos e psicológicos envolvidos na entrada de informação são numerosos e complexos; sua análise vai além dos objeti-

[2] *Empirismo* é aqui entendido como aceitação da observação e do experimento como a única metodologia válida para a investigação científica. *Operacionismo* refere-se à definição de um fato ou um conceito nos termos das operações realizadas pelo cientista. Ciência *nomotética* é a que visa à descoberta de leis gerais, ao passo que a ciência idiográfica estuda fenômenos individuais e que não se repetem. O termo *nomotético* identifica métodos e procedimentos usados na ciência para a formulação de leis ou afirmações gerais.

vos deste capítulo, impondo a consideração quer dos estímulos sensoriais (ondas de luz, vibrações do ar, pressões mecânicas, propriedades químicas do ambiente), quer de receptores sensoriais e vias nervosas que conduzem os impulsos ao córtex cerebral. Termos como *atenção seletiva, atenção focal* e *percepção* são freqüentemente usados para designar a entrada sensorial. Neste primeiro estágio, dá-se a apreensão ou apropriação de uma porção limitada das informações que, num dado momento e num dado espaço, são objeto da nossa atenção. As setas junto ao olho na fig. 6.1 realçam um aspecto fundamental da entrada de informação: não se trata exclusivamente de um processo orientado de fora para dentro, tampouco de um processo que se desloca somente de dentro para fora, mas de uma *transação*, na qual essas duas direções se integram, se articulam, se combinam. De ordinário, o organismo é impelido à busca de um tipo determinado ou específico de informação que corresponde às suas intenções, necessidades e expectativas, aos seus propósitos e interesses (direção de dentro para fora); mas a informação captada apresenta características de estrutura, organização, intensidade e outras que a tornam mais saliente, facilitando, portanto, sua captação, ou que reduzem consideravelmente sua possibilidade de ser objeto de atenção, na competição com outras informações disponíveis (direção de fora para dentro). As técnicas de camuflagem, empregadas na guerra para ocultar carros de combate, pessoas e instalações bélicas, fornecem um bom exemplo de informação intencionalmente trabalhada para passar despercebida, enquanto os ingredientes de que se valem as mensagens comerciais da televisão (intensificação da estimulação auditiva, ritmo rápido, efeitos visuais especiais, ação, ênfase, situações e eventos inesperados ou pouco usuais, humor e similares) geram a *saliência perceptiva* com a qual é aumentada a probabilidade de a mensagem chamar a atenção do espectador e mantê-la, enquanto dura o comercial.

Os canais de que dispomos para a captação de informação têm capacidade limitada. *Filtramos* informações, isto é, selecionamos e rejeitamos. É impossível, ao mesmo tempo, ouvir igualmente bem duas músicas, ler dois livros ou captar todas as informações originadas de duas pessoas que falam simultaneamente. A ilusão de que somos capazes de proezas deste tipo (estudar e ver televisão ao mesmo tempo, p. ex.) se desfaz quando verificamos que em tais casos o que realmente ocorre é uma rapidíssima alternância da atenção, de uma fonte de informação para outra.

Os recursos mobilizados pelo organismo para selecionar apenas uma parcela da informação disponível no ambiente impedem que nos vejamos perdidos em meio a uma caótica massa de milhares ou milhões de informações instantaneamente acumuladas em nossos órgãos sensoriais. Selecionamos o que é relevante e eliminamos estímulos não essenciais ou irrelevantes. Ignoramos múltiplas fontes de distração visual, auditiva e outras. Concentramo-nos, enfim, na informação que verdadeiramente nos interessa. Parte desse trabalho de filtragem sensorial e exclusão de estímulos não essenciais ocorre de modo espontâneo; podemos, entretanto, planejar ensino e aprendizagem destinados a ajudar o aprendiz a se concentrar nos estímulos relevantes e a ignorar distrações visuais, auditivas e táteis.

6.6. A mente humana como central de processamento de informação

Não basta captar dados sensoriais brutos. Precisamos discriminar, reco-

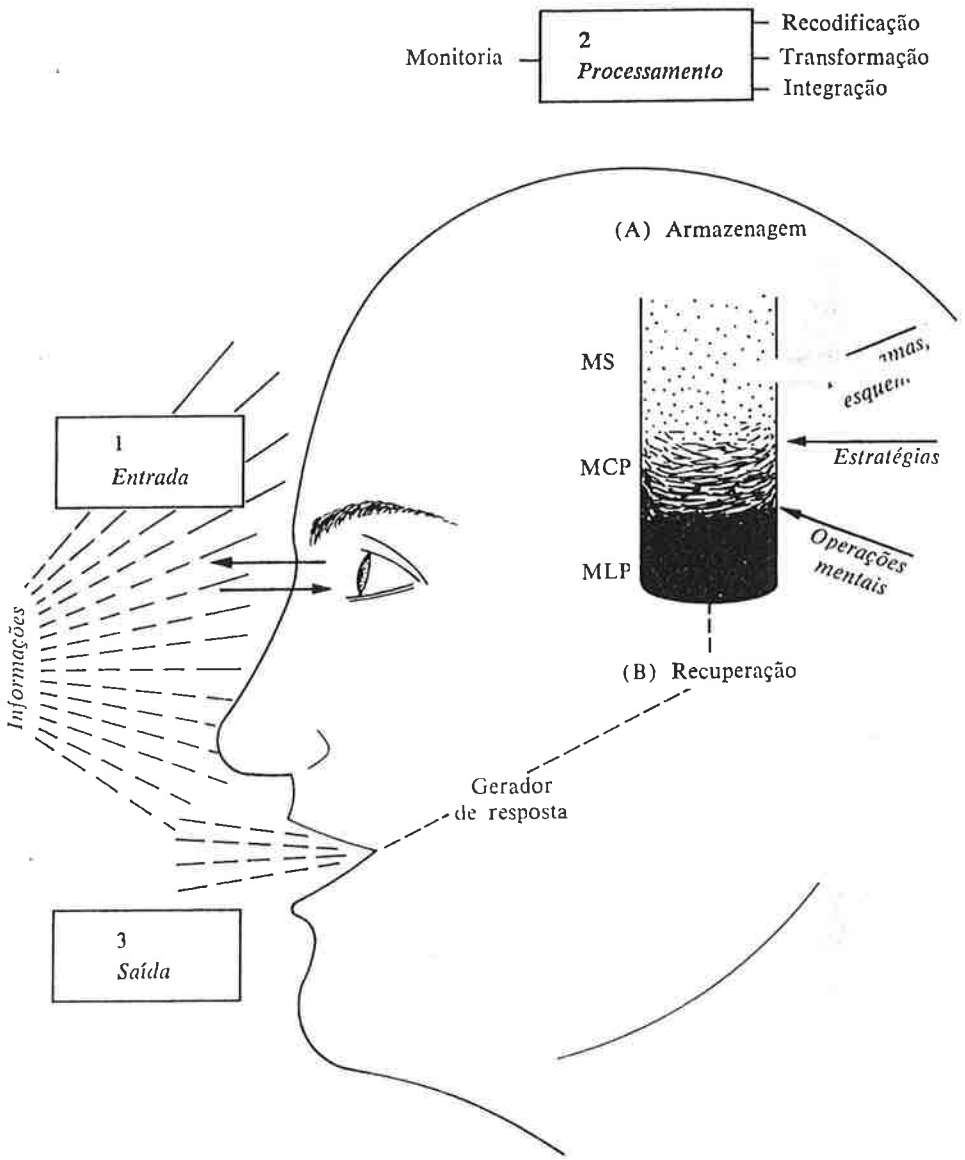

Figura 6.1. O processamento humano de informação. MS, memória sensorial (ou registro sensorial). MCP, memória a curto prazo ou memória primária. MLP, memória a longo prazo ou memória secundária. Tanto na armazenagem como na recuperação de informação, existe uma monitoria de processos que envolvem programas, esquemas, estratégias e operações mentais. A monitoria do processamento funciona tanto a nível consciente como não consciente. A recuperação de informação, a partir da MLP, pode ser apenas interna ou converter-se numa saída, sob a forma de sons articulados pelo sujeito, gestos, movimentos, ações. Um gerador de resposta converte a informação recuperada em saída (S. Pfromm Netto).

nhecer e identificar operações mentais que dependem de experiências passadas. Precisamos registrar temporária ou permanentemente a informação na mente, compreender seu significado, transformá-la de modo a ajustá-la às estruturas cognitivas preexistentes. Realizamos mentalmente operações lógicas, estabelecemos relações, fazemos inferências, analisamos e reestruturamos nossas representações mentais, formulamos hipóteses e planos de ação, tomamos decisões, valemo-nos de diferentes procedimentos para resolver problemas. Esses e outros "trabalhos da mente"[3] recebem a denominação genérica de *processamento de informação*. Nossa mente funciona, pois, como uma central de informação.

Assim como os computadores contam com "programas", isto é, com séries de instruções que lhes dizem precisamente o que devem fazer com os dados, assim também podemos imaginar as pessoas como possuidoras de "programas mentais" embutidos naturalmente nelas ou deliberadamente ensinados e aprendidos. O comportamento e a vida psíquica podem, assim, ser concebidos com base numa integração dinâmica entre informações entrantes, informações retidas de modo duradouro na memória e programas com os quais o ser humano processa as informações. O processamento de informação requer informações contidas na memória sob a forma de representações; mas requer igualmente a ativação de programas orientadores da execução de operações mentais com essas informações. "Programa" é um plano operacional que dirige o processamento humano de informação em qualquer uma das suas etapas, desde a entrada (busca, detecção, reconhecimento de padrão) e o armazenamento em estruturas semânticas, até a saída de informação (geração ou elaboração de informação e sua exteriorização). Dispomos de programas mentais quer para rotinas relativamente simples, que fluem segundo um conjunto de "instruções" arrumadas em uma seqüência apropriada, quer para processos extremamente complexos, como a solução de problemas altamente especializados de engenharia ou a construção de um novo sistema filosófico, envolvendo transformações de informação em larga escala e formas sutis de raciocínio.

"A representação na memória não é uma base suficiente para o pensamento", escreve Posner (1980, p. 79). "Devemos ser capazes de reorganizar a informação a fim de resolver problemas, desenvolver novas estruturas e interpretar o mundo que nos cerca. Para conseguir isso, devemos operar sobre as estruturas armazenadas em nossas memórias de uma forma análoga ao carpinteiro que dá forma à madeira. Uma operação mental é uma transformação interna da informação. Tais operações não obliteram as estruturas que existiam antes, mas criam novas estruturas, que podem por sua vez ser codificadas na memória a longo prazo." De acordo com Posner, contamos com operações programadas para abstração de informação da forma sensorial para a estrutura semântica, de modo que a informação da entrada seja representada internamente de forma condensada; com operações que possibilitam a síntese ou elaboração de novas representações, a partir de componentes armazenados, como no caso da linguagem escrita e falada; e com operações combinatórias,[4] que envolvem combinação de informações, como nas operações aritméticas ou na seqüência de operações necessárias para a solução de problemas.

Convém ressaltar que processamento de informação é mais do que processamento de dados. Dados são símbolos que representam a informação; no processamento de informação, interessam-nos menos esses símbolos físicos em si e mais as suas representações (com seus significados e transformações) dentro de cada pessoa em particular. A central de informação alojada em nossos cérebros controla esse processamento, conta com um imenso depósito de informações e se vale de programas e estratégias para a coleta, registro, interpretação, transformação e uso de informações. O papel desempenhado pelos conhecimentos e experiências passados, contidos na memória humana, é decisivo nesse processamento. A memória acumula uma enorme quantidade de conhecimentos e habilidades — fatos, significados, crenças, teorias etc., de um lado, e de outro, regras, procedimentos, modos de operar as informações disponíveis ou entrantes. Por conseguinte, não surpreende que na maior parte da literatura recente sobre processamento de informação a memória constitua o foco principal de atenção.

6.7. Memória

A memória pode ser considerada como conjunto de estruturas e processos. Embora alguns autores se refiram ao antagonismo entre o modelo da memória como estrutura e o da memória como processo, pode-se argumentar no sentido de que esses modelos se completam, ou que se trata de dois níveis distintos de análise: as concepções estruturais referir-se-iam mais a um macronível de análise da memória, de tipo mais geral ou global, enquanto as de microprocessos de funcionamento da memória serviriam para acentuar o dinamismo desta, que vai muito além de um mero registro de informações, pois inclui a atribuição de significados, a integração e a transformação do que está contido na memória.

A retenção ou permanência da informação num sistema concreto de memória é denominada *armazenamento*. Estruturalmente, é comum conceber a memória como uma seqüência linear de três armazéns de informação funcionalmente distintos: memória sensorial, memória a curto prazo (ou memó-

[3] Os intricados problemas psicológicos e filosóficos do conceito de mente e suas relações com o cérebro, com suas implicações metafísicas, epistemológicas e éticas, não podem ser tratados aqui. O livro de Gilbert Ryle *Introdução à psicologia — O conceito de espírito* (Lisboa, Moraes, 1970), brilhante e polêmico, retrata bem o que se pensava a este respeito até meados do século atual (a edição original data de 1949) e o livro de J. A. Shaffer, *Filosofia do espírito* (Rio, Zahar, 1970), fornece uma síntese feliz dos vários pontos de vista filosóficos. Para uma análise do estado atual do problema e uma interpretação rigorosamente "mentalista" da mente nos contextos psicológico e neurofisiológico, é indispensável a leitura do livro *Ciência e prioridade moral — Uma fusão da mente, do cérebro e dos valores sociais* (Rio, Zahar, 1986, ed. original de 1983), escrito por Roger Sperry, que recebeu o prêmio Nobel por seu monumental trabalho sobre funções cerebrais.

[4] Posner (1980), assim como numerosos outros autores, trata extensamente das *regras combinatórias*, das quais as operações numéricas não passam de um conjunto especial. As operações mais gerais têm sido extensamente estudadas na aprendizagem de regras e formação de conceitos (v. Haygood e Bourne, 1965; Fedor, 1975; Anglin, 1977: Rosch e Lloyd, 1978). As regras combinatórias mais gerais correspondem às operações de *conjunção* ("e": um padrão redondo *e* vermelho; ela é loura *e* magra), *disjunção* ("ou": redondo *ou* vermelho; "e/ou": deve residir na cidade e/ou ser proprietário) e *negação* ("não": *não* é redondo, *não* é magra). A disjunção aqui mencionada é do tipo *inclusivo*, mas recorremos igualmente a uma regra disjuntiva mais complexa: a *disjunção exclusiva* (redondo ou vermelho, mas não ambos ao mesmo tempo; você pode beber *ou* dirigir o carro, mas por motivo de segurança não pode beber *e* dirigir).

ria primária) e memória a longo prazo (ou memória secundária).

A *memória sensorial* simplesmente conserva a entrada sensorial da informação bruta durante o tempo suficiente para que esta seja "lida" ou reconhecida. A brevíssima duração desse primeiro registro corresponde a menos de um segundo para as sensações visuais a alguns segundos para as auditivas. Não há, a esta altura, atribuição de significado à entrada sensorial. A memória sensorial é pré-categórica; isto , a informação entrante, ainda não reconhecida ou emparelhada com uma categoria apropriada, é retida de modo fugaz, sob forma não analisada quanto o seu significado. Os pesquisadores têm trabalhado essencialmente com dois tipos distintos de memória sensorial: a *icônica* (visual) e a *ecóica* (auditiva).

A despeito da rápida queda da informação na memória sensorial, uma parte da informação registrada é selecionada ou filtrada para processamento subseqüente, deslocando-se para diante, graças a um processo de *reconhecimento de padrão*. Este processo faz com que identifiquemos características físicas de um padrão sensorial (como localização, forma, tamanho, brilho, cor etc.) e provavelmente consiste numa espécie de teste quanto à presença ou ausência de aspectos sensoriais elementares. No caso da exposição da letra a uma pessoa, o teste aqui referido funcionaria mais ou menos desta forma:

Linhas verticais? Sim.
Linhas horizontais? Sim.
Linhas oblíquas? Sim.
Ângulos retos? Sim.
Ângulos agudos? Não.
Curvas descontínuas? Sim.
Curvas contínuas? Não.

Alguns autores (v. Loftus e Loftus, 1976; Klatzky, 1980) referem-se a um *sistema de reconhecimento*, intercalado entre o registro sensorial inicial e a memória a longo prazo, que analisa a informação entrante, compara-a com padrões disponíveis na memória a longo prazo e decide sobre qual desses padrões mais se assemelha à nova informação. Klatzky acrescenta, entretanto, que esta versão esquemática esconde o que na verdade é um processo incrivelmente complexo, pois o reconhecimento de padrão combina informação sensorial e hipóteses do sujeito com processamento em dois sentidos — de fora para dentro e de dentro para fora, ou, como preferem Klatzky e outros, de baixo para cima e de cima para baixo. O processo de fora para dentro (ou de baixo para cima) é igualmente conhecido como *processo conduzido pelos dados* e procede dos dados sensoriais para os níveis conceituais superiores; o processo de dentro para fora (ou de cima para baixo), também denominado *processo conduzido conceitualmente*, segue a direção oposta, orientando-se a partir da atividade cognitiva de nível superior para os dados sensoriais. Enquanto os processos guiados conceitualmente parecem ser controláveis e sujeitos aos nossos propósitos e desejos, os processos guiados pelos dados são mais automáticos, menos susceptíveis de controle ativo e demandam menos recursos cognitivos (Norman, 1982). Mas ambos são necessários e se articulam no processamento de informação.

A informação contextual é de grande importância no processamento inicial da informação. A pessoa se vale continuamente dos contextos em que está inserida a informação, a fim de proceder muito mais rapidamente e dispensar detalhes, para se concentrar no essencial, tal como ocorre no ato de ler de um leitor experiente.

A *memória a curto prazo* funciona como um registro igualmente temporário, mas de duração sensivelmente maior do que o simples registro sensorial mencionado acima. A informação pode perdurar por algum tempo, em virtude da sua repetição pelo sujeito, quando, por exemplo, dirigindo-se a um telefone, repete várias vezes para si próprio um certo número de telefone que alguém acaba de mencionar. O processo de repetição faz com que a informação perdure além do registro normal a curto prazo, garantindo um armazenamento relativamente permanente na estrutura seguinte: a memória a longo prazo.

É na memória a curto prazo, ou primária, que passamos a ter efetivamente controle consciente sobre o processamento de informação. Mas a duração desse registro geralmente não vai além de poucos segundos, quando não há repetição da informação pelo próprio sujeito. O psicólogo George Miller (1956) propôs a palavra *pedaço* (*chunk*, em inglês) para identificar a unidade subjetiva nas pesquisas sobre a memória a curto prazo. A capacidade fixa de armazenagem a curto prazo é de sete pedaços, mais dois ou menos dois, em relação a uma larga variedade de materiais. Pedaço pode ser uma letra, um dígito, uma palavra ou qualquer coisa com uma representação unitária na armazenagem. Um número de telefone com sete dígitos constitui um bom exemplo de material que corresponde à capacidade da memória a curto prazo.

A *memória a longo prazo* é concebida como um repositório de conhecimentos e habilidades relativamente permanentes, cuja capacidade é praticamente ilimitada. Os conceitos e eventos nela registrados estão associados ao contexto de outros conceitos e a eventos relacionados, fazendo parte, ao que tudo indica, de uma imensa e intricada rede semântica de informações. Frederiksen (1984) assim resume os pontos essenciais a respeito da memória a longo prazo: nela, "a informação é armazenada sob a forma de *nós*, inter-relacionados de modo complexo em virtude de aprendizagem. Um nó representa um item de informação, ou um conglomerado ou *pedaço* de itens que se relacionam entre si. Se qualquer um dos elementos desse conglomerado é ativado, todos os demais são ativados. Alguns nós contêm conhecimento sensório-perceptivo; outros armazenam informação semântica ou proposicional, que inclui conhecimentos de fatos, significados de palavras, crenças, teorias e assim por diante. Outros ainda armazenam informações sobre procedimentos, ligadas a habilidades motoras ou cognitivas aprendidas.. A informação pode estar altamente organizada em redes conceituais, nas quais os nós representam conceitos, e as linhas que ligam esses nós correspondem a associações significativas entre conceitos. A memória a longo prazo contém milhares dessas redes, cada uma com conexões que a relacionam com outras redes. Graças a essas interconexões, é possível derivar informações distintas daquelas que foram explicitamente armazenadas".

As redes semânticas de conceitos e proposições interligadas na memória a longo prazo, juntamente com o conjunto de estratégias e procedimentos nela armazenados, ajudam-nos a entender como vários tipos de informação podem ser representados na memória a longo prazo. A base semântica de informações subjacente à memória humana é uma coleção organizada de caminhos, especificando possíveis deslocamentos ao longo dessa base. Todas as informações nesse sistema de memória encontram-se interconectadas; recuperar informações aí contidas assemelha-se ao ato de percorrer um labirinto, com idas e vindas nos caminhos que se cruzam.

A repetição e a organização são particularmente importantes na armazenagem a longo prazo. Organização significa (a) procurar ajustar a informação a algum quadro lógico de referência preexistente na pessoa, ou (b) procurar criar algum novo quadro de referência teórico, que ligue o novo material a alguma unidade coesa na estrutura cognitiva. Nessa armazenagem, a informação fixada é semântica (relacionada com significado) e/ou acústica. A incorporação de fatos relacionados, que se tornam combinados ou integrados nas estruturas da memória, é denominada integração de conhecimentos (Walker e Meyer, 1980). É claro que a pessoa pode processar em separado cada informação, mantendo-as isoladas umas das outras. Mas para múltiplas finalidades o tipo de processamento mais vantajoso e que produz maior retenção é o que consiste em coordenar e integrar informações que se relacionam entre si. Representações integradas na memória a longo prazo ajudam-nos a considerar simultaneamente fatos relacionados e facilitam processos cognitivos de ordem superior, como os de resumir, fazer inferências e tomar decisões.

O esquecimento de informações anteriormente armazenadas na memória a longo prazo tem sido explicado de várias maneiras. Conforme a teoria da *interferência*, o esquecimento resulta diretamente da influência negativa de outras aprendizagens; isto é, a memorização de novas informações interfere na retenção de informações antigas (interferência retroativa), ou informações previamente aprendidas prejudicam a retenção de material memorizado mais recentemente (interferência proativa). Outro tipo de explicação para o esquecimento refere-se ao *malogro de recuperação*: a informação buscada na memória encontra-se temporariamente inacessível, mas poderia ser recuperada se dispuséssemos de "anzóis" adequados para "pescá-las", de pistas certas de recuperação. Outros tipos de esquecimento e de explicação para o esquecimento têm sido propostos, um dos quais é a *repressão*. Esta teria uma função protetora, impedindo a ativação de pensamentos e lembranças desagradáveis em nossa experiência consciente.

Informações (ou partes de informações) não selecionadas nem codificadas, e tampouco transferidas de uma estrutura da memória para outra, são perdidas. As estruturas da memória dispõem de recursos protetores, com os quais evitam que sejam abarrotadas de informações em excesso ou irrelevantes. A atenção e o *feedback* (retroalimentação) fazem parte desses recursos. A atenção possibilita a seleção de informações e aspectos tidos como importantes, e a rejeição dos que não interessam ao sujeito, ou são dispensáveis. O *feedback*, tanto (a) da memória a longo prazo para a memória a curto prazo como (b) da memória a longo prazo para os processos de atenção, auxilia a seleção de informação e a identificação do que vale a pena repetir na memória a curto prazo, para incorporação na memória a longo prazo. Mais adiante, mencionaremos vários tipos de *feedback* de informação pesquisados pelos psicólogos.

6.8. Memória como processo: níveis de processamento

A despeito da inegável utilidade prática (ou para fins de teorização e pesquisa) do modelo estrutural de memória descrito anteriormente, desde o início da década de 70 vários estudiosos passaram a advogar uma outra maneira de conceber a memória, mais adequada, a seu ver, para a análise e a solução de problemas que não encontravam respostas satisfatórias a partir do modelo de estrutura linear dos três armazéns de memória. Este segundo ponto de vista não se refere a estruturas ou estágios explícitos, mas a uma progressão de níveis de processamento, que começa com a análise sensorial e prossegue em direção a processos mais profundos e centrais. Trata-se de um processamento contínuo, desde a extração inicial dos aspectos sensoriais da informação, até a extração do seu significado. Além disso, a informação, de acordo com este ponto de vista, passa por sucessivas transformações de códigos. Diferentes aspectos da informação vão se tornando disponíveis à medida que o processamento avança em profundidade. Cada nível de processamento deixa atrás de si um traço de memória ou código, que representa a informação produzida pela análise da informação a esse nível. A análise sensorial do estímulo produz, dessa forma, códigos "superficiais" ou de nível inferior, enquanto o processamento seguinte e mais profundo gera códigos "profundos" ou de nível superior, entre os quais se encontram as representações semânticas e as relações associativas na estrutura de conhecimentos do sujeito. Aplicada à memorização de uma palavra desconhecida por uma criança que aprende a ler, a concepção de níveis de processamento pode ser exemplificada da seguinte maneira: (1) processamento superficial das propriedades visuais do estímulo — linhas, ângulos etc. de que se compõem as letras da palavra; (2) formação de um nome, ou rótulo, para essa configuração; (3) atribuição de significado e introdução deste no contexto dos conhecimentos (rede semântica) da criança. De acordo com Craik e Lockhart (1972), que propuseram pela primeira vez a noção de níveis de processamento da memória, a seqüência aqui referida compõe um contínuo, no qual o processamento cada vez mais profundo produz informação crescentemente significativa (Wingfield e Byrnes, 1981). Pesquisas posteriores, como a de Craik e Tulving (1975), produziram resultados consistentes com a concepção de níveis de processamento, na atividade de memorização de palavras. O processamento semântico obteve melhores índices de retenção do que o processamento acústico-fonológico e este, por sua vez, demonstrou ser superior a um processamento "superficial", de análise dos aspectos físicos das palavras. Por outro lado, constatou-se que a natureza da tarefa, o tempo disponível e as limitações e restrições impostas pelo material que serve de estímulo influenciam o nível de processamento, tornando-o mais superficial ou mais profundo.

6.9. Memória semântica e memória episódica

Devemos a Endel Tulving (1972) o estabelecimento de uma importante distinção entre dois tipos de memória a longo prazo: a memória semântica e a memória episódica. Uma e outra têm sido tratadas separadamente pelos pesquisadores. A *memória semântica* refere-se a conhecimento de palavras, conceitos e relações entre ambos, não ligados a um tempo, lugar ou contexto específicos em que foram [illegible]. Conceitos como os de casa, ave, alegria etc., significados de palavras em geral, normas gramaticais, regras e princípios fazem parte dessa memória impessoal. Não sei quando, como, onde e em que circunstâncias adquiri, por exemplo, o conceito de "casa". A *memória episódica* refere-se a experiências perceptivas pessoais, associadas a um tempo, um lugar e um contexto específicos, que pertencem à autobiografia de cada um de nós.

O domínio da memória semântica é o dos conhecimentos generalizados ou conceituais que poderão ser úteis em futuros contextos: tabuada de multiplicar, nomes dos grandes rios brasileiros, lei de Ohm ou H_2O é água. Por outro lado, "fui ontem à cidade e encontrei o Pedro Duarte na Praça da República" é apenas um registro de experiência passada, de tipo pessoal, que nada afirma sobre o futuro, pertencendo, portanto, ao domínio da memória episódica. Essencialmente, portanto, a memória para experiências pessoais é episódica, e a memória que reúne nossos conhecimentos sobre o mundo é semântica. Conforme Tulving (1972), a memória semântica "é necessária para o uso da linguagem; é um tesouro mental, o conhecimento organizado que a pessoa tem sobre palavras e outros símbolos verbais, seus significados e referentes, sobre as relações entre eles, e sobre regras, fórmulas e algoritmos para a manipulação de símbolos, conceitos e relações", enquanto a memória episódica "recebe e armazena informações sobre episódios ou eventos temporalmente datados, assim como relações de espaço-tempo entre esses eventos" (pp. 385-386).

De modo geral, não nos lembramos dos contextos específicos em que aprendemos as informações contidas na memória semântica — conceitos, fatos, princípios e itens assemelhados. A distinção entre as duas memórias, entretanto, não é tão simples e rígida como parece à primeira vista, embora possa ser útil para vários fins. Há casos particulares em que nos recordamos das circunstâncias específicas em que um conhecimento semântico específico foi obtido; e algumas propostas têm sido feitas por teóricos e pesquisadores, no sentido de combinar a memória episódica com a semântica, ou rejeitar a existência de sistemas separados para as informações semânticas e episódicas.

Visto como a memória semântica é o repositório de relações e regras conceituais, é possível articular conteúdos nela disponíveis, a fim de produzir novos conhecimentos. Nesse sentido, podemos recuperar informações da memória semântica que não foram originalmente armazenadas nela. Muitas vezes, a memória vai além de um trabalho de simples reprodução de informações nela registradas no passado, funcionando de modo reconstrutor, ou fornecendo resultados de uma integração semântica que não existia nas informações originais. Itens separados de informação armazenados independentemente podem, pois, ser usados para a construção de esquemas generalizados que passam a representar idéias mais complexas e unificadas.

6.10. Tipos de informação na memória

Diferentes tipos de informação existem na memória humana. Murdock (1982) destaca três tipos: a informação-item, a informação associativa e a informação em ordem serial.

A informação-item nos diz que algum item, objeto ou evento ocorreu no passado, podendo ser ligada a um contexto (por exemplo: você se lembra de ter visto a palavra *empirismo* neste capítulo?). A informação que relaciona dois itens, objetos ou eventos é conhecida como informação associada (o rosto e o nome de alguém, a Nona Sinfonia e Beethoven, e "deflação quer dizer diminuir o excesso de papel-moeda em circulação" servem de exemplos, e o último corresponde à informação associada que relaciona uma palavra a seu significado). Informação em ordem serial é a que nos informa sobre a ordem de ocorrência de itens ou eventos; é informação em seqüência, como os meses do ano, as letras do alfabeto, os versos do Hino Nacional.

Uma distinção adicional, proposta por Paivio (1971, 1978), está ligada a uma controvérsia que perdura na atualidade. Paivio defende uma "teoria de dois códigos", segundo a qual empregamos dois sistemas de codificação diferentes, mas redundantes, para representar o mundo em nossas mentes: um sistema figural e um sistema lingüístico. Teríamos, assim, duas modalidades de informações internas (ou representações) na memória, uma baseada em imagens e outra em palavras. Adotada por muitos pesquisadores desde a década de setenta, a distinção estabelecida por Paivio retomou uma antiga tradição na psicologia, segundo a qual a "imaginação visual" constitui uma representação fundamentalmente imagística ou espacial de eventos na mente humana. A esse ponto de vista opõem-se outros investigadores e teóricos, de modo que há presentemente dois partidos opostos: o dos *imagísticos* (ou figurativos), que apóiam a distinção proposta por Paivio e admitem a existência de informações-imagens em nossa mente, de representações que são igualmente caracterizadas como análogas, espaciais ou visuais; e o partido dos *proposicionais*, para os quais as imagens são representadas na mente de modo semelhante à linguagem. De acordo com uma proposta conciliatória (Kosslyn, 1980, 1981), experimentamos em nós mesmos as imagens como representações quase-figurais e funcionais, mas a estrutura geradora dessas representações, na memória a longo prazo, é proposicional, à semelhança de um aparelho de televisão, no qual vemos uma imagem, mas os mecanismos geradores desta são expressos nos símbolos discretos da eletrônica. A controvérsia entre proposicionais e imagísticos envolve uma grande variedade de problemas de natureza teórica e metodológica e numerosos aspectos que não podem ser tratados aqui, mas contam com um bom resumo feito por Kolers (1983).

6.11. Processamentos controlado e automático de informações

A ênfase posta nas atividades mentais voluntárias e estratégicas, para fins de processamento de informação, tende a fazer com que não atentemos para a importância que assume em nossas vidas o processamento de tipo automático, involuntário, que não requer esforço ou concentração mental e chega mesmo a ser não consciente.

Um *processamento controlado*, ou voluntário, requer a ativação de uma seqüência de nós semânticos sob o controle da pessoa; visto que requer atenção, só uma seqüência pode ser operada de cada vez. O *processamento automático* envolve igualmente a ativação de um conjunto de nós semânticos, mas o controle, neste caso, não é exercido conscientemente pelo sujeito e sim por uma entrada particular, interna ou sensorial, na memória a curto prazo, que dispara o automatismo. As seqüências mentais são levadas avante automaticamente, sem requerer a atenção do sujeito, e com o treino e a prática podem assumir um alto grau de automatização. O uso do processamento automático para lidar com os aspectos mais rotineiros de uma atividade permite que os recursos de processamento controlado fiquem livres para aspectos mais complexos, novos ou simplesmente distintos daqueles a que se aplica o automatismo. O motorista experiente processa automaticamente bom número de informações relacionadas com a atividade de dirigir, ao mesmo tempo que discorre sobre um tema científico,

por exemplo, para o colega que viaja a seu lado. O leitor experiente engolfa-se no conteúdo de um romance, sem ter consciência das habilidades básicas de leitura que está usando, como a descodificação das formas ortográficas, a tradução em unidades de fala, a recuperação de significados de palavras, o estabelecimento de relações entre proposições semânticas etc. (Frederiksen, 1984). É claro que os dois exemplos citados — guiar um carro e ler um romance — podem ser igualmente concebidos de modo diametralmente oposto, quando se trata de aprendizes iniciais. A pessoa que inicia seu treinamento como motorista ou a criança que começa a ler ilustram empenhos de processamento altamente controlados, considerável esforço mental, práticas laboriosas. A transição do processamento consciente para o automático não se opera da noite para o dia, muito embora alguns autores admitam que certos processamentos não conscientes possam resultar de aprendizagem original não consciente. Essa hipótese é controversa e tem sido rejeitada por outros pesquisadores (v. Johnson e Hasher, 1987, pp. 644-646).

6.12. Recuperação de informação

Recuperar uma informação é retirá-la do armazém da memória a longo prazo, tornando-a acessível para qualquer fim em vista, como repeti-la para si mesmo, comunicá-la a outrem, relacioná-la com outras informações disponíveis, usá-la para resolver um problema ou tomar uma decisão, elaborar um texto em prosa ou em verso que articule de modo original as informações retidas na memória e muitos outros possíveis usos. Os mais modestos desempenhos da pessoa — p. ex., um simples "sim" ou "não" a perguntas do tipo "o corvo é ave?" e similares — e as mais notáveis façanhas da inteligência humana dependem de recuperação de informação. É fácil reconhecer que só canta (sem qualquer ajuda) os versos de uma canção popular quem os recupera da própria memória; mas há quem experimente alguma dificuldade em aceitar que Mozart, Dorival Caymmi ou John Lennon puderam compor as obras que os tornaram famosos valendo-se de informações recuperadas a partir de suas mentes. Nas artes como nas ciências e na tecnologia, na vida diária do cidadão comum como nos desempenhos extremamente refinados e complexos da tripulação de uma astronave ou do médico que executa uma microcirurgia, a recuperação de informações precisas, confiáveis e de modo imediato é indispensável.

Os mais dramáticos exemplos da importância decisiva da recuperação de informação em nossas vidas encontram-se em casos clínicos, nos quais esse processo é gravemente afetado. Estudos realizados nos últimos anos sobre sérios distúrbios da memória indicam que a memória a longo prazo pode ser rompida por choque elétrico, agentes químicos (álcool, drogas) e ação direta sobre o cérebro por choque físico, doença, lesão ou cirurgia. Os novos eventos parecem persistir por um breve tempo após sua ocorrência, na memória a curto prazo; o rompimento da memória aqui referido tende a afetar fundamentalmente não a memória a curto prazo, mas a recuperação de informação contida na memória a longo prazo. "Os distúrbios da memória", escrevem Lindsay e Norman (1977, p. 438), "parecem prejudicar os processos de integração necessários para a incorporação de material recém-adquirido no conjunto de informações preexistente na memória e os processos de interpretação e monitoria necessários para orientar a recuperação de informações antigas. Em alguns tipos de enfermidades, eventos específicos parecem ter sido perdidos; em outros, eventos recentemente experienciados não se encontram disponíveis."

A literatura especializada sobre distúrbios da memória relata diferentes tipos de problemas ligados a lesões de diferentes regiões do cérebro. Alguns pacientes não conseguem dar os nomes dos objetos visuais mais comuns. Em outros, a dificuldade parece residir mais na perda de conexão entre objeto e símbolo do que na incapacidade de lembrar uma palavra ouvida. Há casos nos quais o que se perde é a capacidade de ligar as partes de uma sentença a um significado. O paciente, por exemplo, não percebe nenhuma diferença entre "o sol ilumina a terra" e "a terra ilumina o sol"; embora compreenda e reproduza cada palavra, as implicações da ordem das informações estão perdidas para ele. O extenso rol das formas de *afasia* (perda ou deterioração das capacidades de falar, escrever ou compreender as palavras e seus significados, em virtude de lesão cerebral) e a *acalculia* (perda da capacidade de realizar até mesmo as operações aritméticas mais simples) apontam igualmente para os efeitos devastadores da incapacidade de recuperar informação (Luria, 1966; Talland, 1968; Talland e Waugh, 1969; Kent, 1981).

Obviamente, o malogro na recuperação de informação não ocorre apenas em virtude de processos psicopatológicos. Dois termos tradicionalmente usados em psicologia, *retenção* e *esquecimento*, referem-se a processos normais em todas as pessoas expostas a informações, seja para simplesmente "tomar conhecimento" delas, seja para aprender. Um teste aplicado algum tempo depois da exposição à informação mostrará, na maioria dos casos, que uma parte das informações é corretamente lembrada, ao mesmo tempo que se constata uma perda de parte das informações previamente armazenadas. Conforme foi dito anteriormente, as informações podem interferir umas nas outras. Dois tipos principais de *interferência* têm sido objeto de grande número de pesquisas: a interferência proativa e a interferência retroativa (ou inibição proativa e inibição retroativa). O efeito prejudicial de uma informação ou atividade na retenção de material aprendido *após* essa informação ou habilidade é proativo. O efeito prejudicial do tipo retroativo ocorre quando uma atividade subseqüente prejudica a retenção do material aprendido *antes*. Assim, a inibição retroativa dirige-se para trás, afetando a informação anteriormente armazenada, ao passo que a inibição proativa tende a agir para a frente, de modo a prejudicar a informação armazenada posteriormente.

Outra linha de raciocínio, a propósito de retenção e esquecimento, dá ênfase a falhas ou dificuldades na recuperação (a) ou porque a informação na memória a longo prazo não foi bem organizada, quando da sua armazenagem (b) ou porque as pistas de recuperação da informação não eram apropriadas ou não existiam, impedindo ou dificultando a busca da informação na memória a longo prazo. Pistas ou sinais específicos, presentes no momento em que a informação foi armazenada, facilitarão a recuperação desta, se também estiverem presentes no momento da recuperação. Kent (1981) refere-se à *propriedade associativa* da memória, em relação à facilidade ou dificuldade de recuperação. Segundo Kent, a obtenção de dados da memória a longo prazo é ajudada quando reunimos o maior número possível de pistas (estímulos, sinais) associadas à informação desejada por ocasião da entrada desta

no sistema. Quanto mais explícito o conjunto de "chaves" de recuperação, tanto maior a possibilidade de acesso à informação desejada, e somente a esta. Kent relaciona a noção de propriedade associativa, com o uso de sinais adequados de recuperação, à observação de que a memória a longo prazo armazena informação de acordo com relações de categorias semânticas; dessa forma, itens que compartilham algumas propriedades ao nível semântico apresentam também indicadores, "ponteiros" ou "chaves" de recuperação semelhantes para seu acesso.

No mesmo sentido, Lindsay e Norman (1977) sublinham que a organização da informação entrante conduz à aprendizagem mais rápida e à melhor memorização. A recuperação da informação armazenada se torna muito mais fácil se esta é organizada desde o início. Os itens na memória a longo prazo são tanto mais prontamente recuperados quanto mais se acham estruturados ou categorizados. Segundo os autores mencionados, o estratagema dos métodos propostos para o desenvolvimento de sistemas de memória consiste em aprender a organizar as coisas que devemos aprender, de modo que elas possam ser novamente encontradas em nossa memória, quando necessário. "A organização é o aspecto essencial de qualquer sistema amplo de recuperação de dados, e a memória humana não é exceção a essa regra. A memória humana é um sistema altamente interconexo; qualquer item dentro da memória está ligado a outros itens. A maioria dos sistemas destinados a melhorar a memorização se concentra nas interconexões, ensinando técnicas para a formação deliberada de associações entre itens, capazes de guiar uma recuperação posterior eficiente de informações específicas."

Tanto para fins acadêmicos e escolares como para necessidades práticas, vários autores sugerem medidas úteis, baseadas no que hoje é sabido a respeito da memória humana. Um desses autores (Davidoff, 1983) acentua que a recuperação de informação procede de modo mais fácil quando (a) a informação foi organizada durante a codificação, bastando recuperar um pouco de informação armazenada para recordar itens correlatos; (b) as condições internas durante a codificação e a recuperação são semelhantes; (c) as condições externas, isto é, as pistas ou sinais são semelhantes durante a codificação e a recuperação; (d) a pessoa realizou práticas prévias de recuperação (no caso do estudante, relendo freqüentemente os apontamentos de aula, exercitando-se na recordação dos pontos fundamentais etc., *antes* do exame) e (e) quando a pessoa não experimenta ansiedade ao recuperar a informação relevante. Lindsay e Norman, por sua vez, dão três conselhos: (1) *Trabalhe*. Raramente memorizamos com facilidade; memorizar requer atenção dedicada ao material, esforço e alguma habilidade. (2) *Compreenda*. Saiba o que você está pretendendo fazer. Procure parafrasear o material. Saiba como este se relaciona com outras coisas. (3) *Organize*. Divida o material em pequenos pedaços. Ajuste cada pedaço, de modo judicioso, aos demais. Procure combiná-lo com o que você já sabe. Coisas isoladas são difíceis de lembrar. Procure captar a estrutura do material em si mesmo. Use ajudas mnemônicas quando possível.

6.13. Processamento de roteiros e textos

O psicólogo inglês C. Bartlett foi quem primeiro propôs a noção de esquemas como explicação do processo de lembrar uma experiência, num livro denominado *Remembering* (1932), no qual estudou a memória em circunstâncias semelhantes às da vida diária. *Esquema* ou *roteiro* é uma representação organizada do conhecimento conceitual que temos de uma idéia, evento, ação ou seqüência de ações. Valemo-nos desses quadros de referência conceituais para realizar atividades habituais, codificar informação e recuperá-la. De modo geral, ao codificar ou recuperar informação significativa, a mente precisa recuperar ou ativar esses esquemas particulares.

De acordo com as noções atuais a respeito de esquemas ou roteiros, estes incluem condições de entrada e resultados esperados, objetos necessários, papéis e seqüências de cenas (Schank e Abelson, 1976; Bower, Black e Turner, 1979). A ida a um restaurante exemplifica de maneira simples os roteiros empregados pelas pessoas na vida diária. As *condições essenciais de entrada* referem-se, neste caso, a um freguês com fome e com dinheiro. Os *resultados* traduzir-se-ão por um freguês sem fome e com menos dinheiro e um proprietário de restaurante com mais dinheiro (e menos alimentos). Os *papéis* incluídos neste roteiro são os de freguês, garção, cozinheiro, caixa e dono de restaurante. Os *objetos* são mesa, menu, comida, conta, dinheiro, gorjeta. As *cenas* do roteiro correspondem a seqüências de ações para cada uma das seguintes fases: (1) entrada e ocupação de uma mesa, (2) fazer o pedido, (3) comer e (4) pagar e sair do restaurante.

Inúmeros roteiros do tipo acima orientam expectativas e predições em relação a atividades na vida real, ajudam a estruturar nossa compreensão, quando alguém nos descreve atividades como as dos roteiros de que dispomos, e facilitam a evocação de eventos que nós mesmos experimentamos ou informações que memorizamos.

Esquemas ou roteiros podem representar vários níveis diferentes de generalidade e se aplicam a contextos tão variados como um almoço, um casamento, uma cerimônia fúnebre, uma narração de conto de fadas, ou um comício político numa campanha eleitoral. Quando aplicadas à compreensão e memorização de estruturas de narrativas ou histórias, as pesquisas de esquemas ou roteiros são geralmente identificadas como estudos de *processamento de texto* (Thorndyke, 1977; Rumelhart, 1975). Os roteiros e as "gramáticas de histórias", segundo Wingfield e Byrnes (1981), possibilitam predições relativamente específicas sobre os elementos que provavelmente serão esquecidos, os tipos de distorções e intrusões que tenderão a ocorrer e os processos de inferência que poderão facilitar ou prejudicar o desempenho da nossa memória, na evocação de uma história.

6.14. Saída: os usos da informação armazenada

Nem sempre a recuperação de informação contida na memória atende a um propósito específico, deliberado, de natureza prática ou teórica. Estados mentais conhecidos como devaneio, divagação, fantasia e outras denominações referem-se a momentos durante os quais a mente vaga a esmo em meio às informações que recupera, passando-as em revista, recombinando-as, flutuando livremente e experimentando satisfação com isso.[5] Maior interesse

[5] As funções normalmente preenchidas pela fantasia nas vidas das pessoas, suas relações com os sonhos, a criatividade, o brinquedo

para a aprendizagem e o ensino formais tem a recuperação voluntária, propositada de informação, com uma utilidade em vista — dizer alguma coisa a alguém, responder às perguntas de uma prova escolar, guiar a própria ação, cantar, ponderar alternativas, resolver um problema e assim por diante. No seu sentido genérico, *saída* designa essas e muitas outras formas pelas quais a informação literalmente "sai" da pessoa, através da voz, da escrita, de gestos e movimentos do corpo, da execução de uma tarefa.

Num extremo, a saída pode ser uma resposta imediata, lacônica, mais ou menos automática, como "quarenta", recuperada na memória a longo prazo após a pergunta "cinco vezes oito?". No outro extremo, situam-se saídas como a de um Camões, que integrou, harmonizou e aformoseou o gigantesco acervo de informações de que dispunha nos versos perfeitos que compõem o poema épico *Os Lusíadas*, ou as de gênios como Goethe, Tomás de Aquino, Dante Alighieri ou Cervantes, em suas obras monumentais. Quanto mais densas, ricas e diversificadas as redes semânticas na memória a longo prazo da pessoa, tanto mais fecundas e engenhosas podem ser as suas saídas, em áreas como as das letras, das ciências, das artes. Ao escrever seus dramas, Shakespeare não se limitou a inventar ou contar histórias registradas em sua memória, mas realizou um trabalho de recuperação e saída de informação extraordinariamente complexo, no qual a trama de cada história se articula com informações que possuía sobre a arte da construção dramática, a natureza humana, tradições, costumes, caracteres etc., juntamente com um domínio gramatical e semântico excepcional da língua inglesa.

infantil e outros aspectos do comportamento e da vida mental, sua patologia (alucinações, delírios, paranóia etc.) e seu emprego para fins de diagnóstico e terapia são objeto de extensa literatura, que não se aplica ao presente contexto, no qual o termo fantasia simplesmente designa estados de consciência em que as informações (idéias, lembranças, imagens) vagueiam sem objetivo definido em nossas mentes. O significado mais profundo da fantasia e a importância do devaneio na satisfação de desejos e no ajustamento pessoal podem ser estudados em obras como as de Klinger (1971), Singer (1976), May (1980) e outros.

6.15. Saída e "feedback"

O estágio final do fluxo da informação em nossa mente é, pois, sua recuperação, quer para gerar uma saída, no sentido de exteriorização de uma resposta explícita, quer para seu uso na atividade cognitiva interna da pessoa, que poderá redundar, ou não, numa exteriorização posterior. Convém não perder de vista que saídas manifestas envolvem necessariamente atividades musculares dirigidas para um objetivo específico e estas, por sua vez, estão na dependência de mecanismos neuromusculares de controle motor. Os mecanismos de controle motor organizam um conjunto de comandos para os músculos, de modo que os movimentos concretizem um plano de ação (propósito do ato, sua forma ou uma estratégia) decidido pela pessoa.

Processos de *feedback* podem desempenhar um papel decisivo em relação à saída. A pessoa realiza micro-avaliações de si mesma, a fim de verificar se está certa ou errada, se o seu desempenho está sendo adequado, se não está se afastando da rota que traçou para si própria. Uma entrada sensorial que nos informa sobre a qualidade do nosso desempenho, ou possibilita uma melhoria deste, é conhecida como *feedback de informação*. *Feedback interno ou proprioceptivo* é o *feedback* gerado pelos próprios movimentos, ao passo que *feedback externo* é qualquer *feedback* não produzido pelos músculos e outros órgãos proprioceptivos. O *feedback intrínseco* de informação ocorre quando o desempenho de uma tarefa (p. ex., andar de bicicleta) fornece *feedback* sobre esse desempenho; *feedback* de informação *suplementar*, particularmente importante nas fases iniciais de aprendizagem, é o que recebemos diretamente de professores, treinadores e supervisores ou por via indireta, como uma gravação em vídeo-teipe do nosso desempenho. O *feedback* que ocorre durante o desempenho chama-se *feedback concorrente ou simultâneo* e o *feedback* após o desempenho é conhecido como *feedback terminal*. Uma criança que executa exercícios de caligrafia dentro das linhas padronizadas, nos cadernos desse tipo, conta com *feedback* interno (gerado por seus próprios movimentos); ao verificar que sua escrita ultrapassa o limite da linha superior, tem um *feedback* externo, intrínseco e concorrente; após o exercício, se a professora examina seu trabalho, marca erros ou falhas e chama a atenção da criança para o modo correto de traçar esta ou aquela letra, recebe um *feedback* externo, suplementar e terminal (Stallings, 1982; Stelmach, 1976, 1978; Annett, 1979).

O conceito de *feedback* pode ser aplicado a processos que variam desde o mais simples movimento até tarefas complexas de solução de problemas. A expressão *conhecimento de resultados* designa um tipo particular de *feedback*, largamente empregado no contexto escolar, que se reflete em perguntas dos alunos como estas: Quantas questões eu respondi corretamente? Em que eu errei? Por que a resposta x não é correta?

Conquanto não se ponha em dúvida a importância do conhecimento de resultados como uma forma demonstrável de *feedback*, suas três possíveis funções — informar, reforçar e incentivar (como recompensa ou punição) — suscitaram várias controvérsias. Em anos recentes, a função informativa do conhecimento de resultados e do *feedback* em geral tem sido mais favorecida pela teorização e pesquisa psicológicas.

6.16. Resolver problemas

Resolver problemas e tomar decisões fazem parte da vida diária de todos nós, embora não nos demos conta disso a maioria das vezes. Formas extremamente simples dessas modalidades de processamento de informação se manifestam por ocasião da escolha das roupas que vestiremos de manhã, do caminho que seguiremos para ir a algum lugar, das compras que faremos no supermercado. Em nível menos simples, situam-se os sucessivos testes feitos pelo técnico de eletrônica para descobrir e corrigir o defeito do aparelho de televisão ou, na área da propaganda, a elaboração de planos para a campanha publicitária de um novo produto. O nível de máxima complexidade corresponde aos esforços de cientistas, inventores, artistas, filósofos e outros profissionais empenhados em tarefas de descoberta, criação e solução de problemas, próprios de suas respectivas áreas de trabalho.

A consideração dos processos de resolver problemas e tomar decisões sob a ótica do processamento humano de informação é um desenvolvimento recente na psicologia. A teorização e a pesquisa tradicionais baseavam-se em três modelos principais: (1) o modelo de estágios, mais antigo, concebido por Poincaré, Dewey (1910), Wallas (1926) e outros, do qual há várias versões, e que propõe uma seqüência regular de etapas, como, por exemplo, preparação,

incubação, inspiração e verificação; (2) o modelo gestaltista (Köhler, 1925), mais atento às condições necessárias para a ocorrência da solução de problemas, com ênfase na aprendizagem prévia do sujeito e na sua reestruturação perceptiva, interagindo com a estrutura do problema; (3) os modelos estímulo-resposta, behavioristas e operantes, segundo as formulações básicas de Thorndike, Hull e Skinner, centrados em concepções de ensaio e erro, força do hábito e contingências de reforçamento. Em meados deste século, o modelo de processamento de informação propôs uma nova linguagem, um novo quadro de referência e uma nova metodologia para a exploração sistemática dos numerosos aspectos envolvidos na solução de problemas e na tomada de decisão, tendo particularmente em vista as necessidades de aplicação dos conhecimentos em administração de empresas, computação e inteligência artificial. Datam dessa época as contribuições essenciais de Newell e Simon (Newell, Shaw e Simon, 1958; Newell e Simon, 1972; Simon, 1957, 1979a, 1979b, 1981; Page e Simon, 1966; Simon e Newell, 1971). Herbert A. Simon pertence ao Departamento de Psicologia da Universidade Carnegie-Mellon, em Pittsburgh. Voltou-se para a psicologia em virtude de seus estudos sobre tomada de decisão no contexto administrativo-organizacional; essas pesquisas e suas aplicações econômicas fizeram com que lhe fosse atribuído o Prêmio Nobel de Economia, em 1978. Simon, Newell e colaboradores mostraram que a formação de conceitos, o comportamento verbal, a compreensão e a solução de problemas e os processos decisórios podem ser mais adequadamente explicados em termos de processamento de informação e convertidos em programas de computadores. Boa parte dos progressos mais notáveis da psicologia cognitiva, nesta segunda metade do século vinte, baseia-se, direta ou indiretamente, na linha de teorização e pesquisa que Simon e seus colegas desenvolveram desde a década de cinqüenta.

A literatura científica sobre solução de problemas e tomada de decisão avolumou-se de tal forma e passou a abranger tamanha diversidade de aspectos que é impossível resumi-la aqui. Conseqüentemente, convém que o leitor recorra às obras e aos artigos específicos que compõem essa literatura, infelizmente inexistentes em traduções para o nosso idioma (v. p. ex., Rubenstein, 1975; MacCrimmon e Taylor, 1976; Mayer, 1977; Scandura, 1977; Tuma e Reiff, 1980; Frederiksen, 1984; Halpern, 1984; Chipman, Segal e Glaser, 1985; Rowe, 1985; Segal, Chipman e Glaser, 1985; Greeno e Simon, 1986). Os parágrafos seguintes ressaltam alguns dos aspectos diretamente relacionados com procedimentos de aprendizagem e ensino de solução de problemas.

Em psicologia, problema geralmente significa uma situação na qual o organismo, motivado para atingir algum alvo, é bloqueado nesse empenho em virtude da existência de um ou vários obstáculos. É interessante notar que, de acordo com um antigo e emérito estudioso, resolver problemas e aprender são processos que praticamente se confundem (Dashiell, 1935, 1937). Ambos supõem a existência de uma situação problemática e um processo de ajustamento ou adaptação do organismo a essa situação. Conforme o esquema elaborado por Dashiell (fig. 6.2), o organismo motivado (1), após encontrar um obstáculo ou dificuldade (2), tenta superá-lo de várias maneiras (3), até que um desses vários modos de agir (4) resolve a dificuldade e faz com que o alvo visado seja atingido. Os obs-

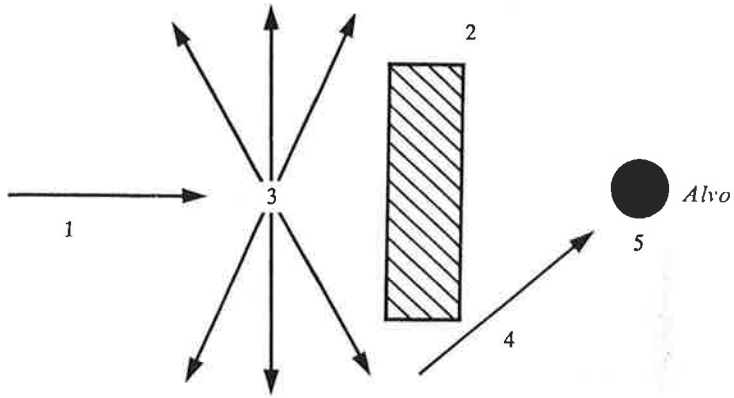

Figura 6.2. A aprendizagem como solução de problema. (J. F. Dashiell, *Fundamentals of general psychology*. Boston: Houghton, 1937.)

táculos podem ser físicos, sociais ou emocionais; imaginários ou reais; numerosos ou apenas um ou dois.

É comum reconhecer, hoje em dia, três aspectos essenciais num problema: o *estado atual* (ou um dado fato, condição ou situação existente no momento), o *estado-alvo* (um estado, situação, condição ou fato desejado) e os *obstáculos* que devem ser superados para que o estado atual se modifique. As operações para a conversão do estado atual no estado-alvo constituem a solução do problema (Newell e Simon, 1972; Mayer, 1977). O modelo de solução de problemas proposto por Newell e Simon usa a palavra *operadores* para designar as ações que modificam o estado atual, aproximando-o cada vez mais do estado-alvo. Se um operador não produz o efeito desejado, a pessoa recorre a um operador diferente. Uma vez detectadas as diferenças importantes que existem entre o estado atual e o estado-alvo, o sujeito busca em sua estrutura cognitiva os operadores relevantes para reduzir essas diferenças e eliminá-las, até atingir o estado-alvo.

Simon (1978) distingue os problemas *mal-estruturados* dos problemas *bem-estruturados*. Os problemas de matemática comumente usados nas escolas, com passos definidos e uma resposta correta predeterminada, pertencem à categoria dos bem-estruturados. Simon define os problemas mal-estruturados como os que (1) são mais complexos e contam com critérios menos definidos para determinarmos se o problema foi resolvido, (2) não proporcionam todas as informações necessárias para a solução do problema e (3) não dispõem de um "gerador de movimentos" com prescrições para explorar todas as possibilidades a cada passo. Os processos cognitivos empregados para resolver problemas bem-estruturados e mal-estruturados são essencialmente os mesmos, mas, no caso dos mal-estruturados, à medida que novos elementos são recuperados a partir da memória a longo prazo (ou obtidos de fontes externas), a concepção que a pessoa tem do problema se altera gradualmente, e um amplo repertório de processos de teste é necessário para avaliar se ela está cada vez mais "quente", em decorrência de cada estado alterado. Problemas

mal-estruturados são muitas vezes resolvidos quando simplificados numa série de subproblemas bem-estruturados. Frederiksen (1984) acrescenta que a classificação de um problema como bem ou mal-estruturado depende, em parte, da pessoa que deve resolvê-lo, isto é, de sua maior ou menor experiência ou treinamento na solução de problemas similares.

Os psicólogos cognitivos aludem freqüentemente ao emprego de *algoritmo* e *heurística* na solução de problemas. Quando a pessoa se vale de ações bem específicas e bem definidas, de tal maneira que, corretamente aplicadas na ordem apropriada, a resposta certa ou solução do problema é sempre obtida, essas ações constituem um algoritmo. Valemo-nos de algoritmos para realizar uma operação de divisão ou extrair uma raiz quadrada; os números podem variar, mas o procedimento é sempre o mesmo e resulta sempre na resposta certa, se aplicado corretamente.

Às vezes, entretanto, a natureza do problema não permite o emprego de algoritmos, que prescrevem passo a passo as ações a executar. A pessoa recorre então a procedimentos heurísticos, isto é, a estratégias mais gerais, aplicáveis a uma grande variedade de situações, quando a solução é incerta. Na solução heurística de um problema, a pessoa procura fazer boas suposições em relação à melhor maneira de resolvê-lo, aos passos mais produtivos que poderá dar. As estratégias heurísticas podem ser de tipo bastante geral (por exemplo, estabelecer um plano de procedimentos ou checar a exatidão das suposições básicas) e não se baseiam em conhecimento específico.

Estabelecida inicialmente por Polya (1952), a distinção entre algoritmo e heurística tem sido posta em dúvida, pelo menos no que diz respeito à formulação demasiado rígida e mecânica das diferenças que os separam. Nos últimos anos, ganhou aceitação o ponto de vista segundo o qual existe um contínuo, que vai dos procedimentos bastante específicos aos procedimentos mais gerais, e não uma simples dicotomia. Greeno (1980), um dos adeptos do ponto de vista da continuidade, argumenta que "é inegavelmente importante distinguir entre (1) situações nas quais o sujeito tem conhecimento relativamente específico, o que torna a solução do problema muito fácil, e (2) outras situações, nas quais o sujeito deve recorrer a conhecimentos e procedimentos mais gerais para resolver um problema. No entanto, a especificidade do conhecimento disponível é uma questão de grau, e não de espécie" (p. 12).

A despeito das restrições de Greeno e dos demais autores, para os quais algoritmos e heurísticas formam um contínuo, é comum o uso desta última designação em propostas de estratégias gerais para a solução de problemas, aplicáveis, portanto, em diferentes campos do conhecimento e para as mais variadas finalidades. Rubenstein (1975), por exemplo, sugere a seguinte heurística geral para fins práticos de solução de problemas:

1. Evite ser apanhado pelos detalhes. Procure descobrir o padrão geral ou a imagem do conjunto. Repasse o problema várias vezes, até que o padrão se desenvolva em sua mente.

2. Evite um apego prematuro a uma só estratégia de solução. Considere o possível uso de várias estratégias, antes de optar por uma delas e aplicá-la.

3. Crie modelos. Verbalize, faça gráficos, ponha suas idéias no papel, elabore modelos concretos ou abstratos. Um modelo simplifica o problema.

4. Busque novas representações para o problema. Transforme-o num novo sistema ou contexto.

5. Questione suas premissas e até mesmo as rejeite, e, se necessário, substitua-as por outras ou faça inovações. Seja flexível.

6. Verbalize sua situação, faça perguntas, use outras palavras. Isto o ajudará a evocar informações relevantes armazenadas em sua memória a longo prazo.

7. Quando o alvo é especificado, proceda às avessas (isto é, comece a partir do alvo, caminhando para trás, em direção ao início do problema).

8. Localize subestruturas estáveis que possam servir de pedras de toque ou marcos de referência na solução, de modo que você possa desviar-se a partir delas e a elas regressar.

9. Pense em analogias e metáforas e aplique-as ao problema. Isto situa o problema numa estrutura mais ampla, facilitando sua solução.

10. Incube o problema. Abandone o problema por algum tempo e faça qualquer outra coisa. Converse com um amigo ou colega que tem um ponto de vista diferente do seu, capaz de sugerir uma solução.

Outras propostas de estratégias gerais acham-se descritas na literatura pertinente. A análise dessa literatura sugere vários pontos básicos. Em primeiro lugar, o planejamento é fundamental, notadamente na solução de problemas mais difíceis; um treinamento em habilidades gerais de planejamento favorece o desempenho na solução de problemas. Em segundo lugar, é preciso desenvolver a habilidade de identificar um problema e reconhecer seus componentes principais. Em terceiro lugar, nenhuma estratégia de solução de problemas dispensa a necessidade de conhecimentos seguros, bem consolidados, e de domínio dos procedimentos específicos na área em que o problema está situado (estratégias para a solução de problemas químicos são inúteis para quem não tem um bom acervo de conhecimentos de química). Em quarto lugar, diferentes tipos de problemas requerem diferentes competências, em graus que variam de um problema para outro. Em quinto lugar, a flexibilidade ajuda a desenvolver a representação mental de um problema e facilita a sua solução; o ensino deve favorecer a integração do conhecimento na estrutura cognitiva do estudante, de modo a facilitar aplicações flexíveis desse conhecimento, e, ao mesmo tempo, encorajar o aprendiz a descobrir relações, regras, princípios, operações e estratégias. De acordo com Simon e Hayes (1976), a prática é indispensável para o desenvolvimento da capacidade de escolher uma forma de ataque ou estilo de abordagem na solução de um problema, a identificação das informações importantes mencionadas no problema, a captação de relações, a construção da representação de uma situação e a identificação dos operadores e condições mais adequados. Simon (1979) lembra ainda que "até mesmo em domínios de problemas relativamente simples, várias estratégias basicamente distintas podem ser eficazes na busca de soluções. Algumas dessas estratégias dependem fortemente da atenção dada a indícios ou pistas perceptivas; outras, das estruturas de alvos e sub-alvos mantidas na memória; outras ainda, da descoberta de padrões seqüenciais de avanços corretos" (p. 366).

Leituras adicionais

A bibliografia disponível em língua portuguesa sobre processamento humano de informação e sobre a psicologia cognitiva na atualidade é extremamente

pobre. Os livros indicados a seguir são breves introduções, um tanto desatualizadas, mas ainda assim úteis para quem deseja familiarizar-se com os problemas, os procedimentos de pesquisa e a teorização nesta área.

Barber, P. J. e Legge, D. *Percepção e informação*. Rio de Janeiro, Zahar, 1976.

Dodwell, P. C., coordenador. *Novos horizontes da psicologia*. São Paulo, Ibrasa, 1980 (Primeira parte, Psicologia experimental). A edição original em inglês é de 1974.

Ehrlich, S. *Aprendizagem e memória humanas*. Rio de Janeiro, Zahar, 1979.

Gregg, V. *Memória humana*. Rio de Janeiro, Zahar, 1976.

Legge, D. e Barber, P. J. *Informação e habilidade*. Rio de Janeiro, Zahar, 1977.

Posner, M. I. *Cognição*. Rio de Janeiro, Interamericana, 1980 (ed. original de 1973).

Um excelente livro de Herbert A. Simon foi traduzido e publicado em Portugal:

Simon, H. A. *As ciências do artificial*. Coimbra, Arménio Amado, 1981. V. especialmente os capítulos 3 (A psicologia do pensamento) e 4 (Recordar e aprender).

Conquanto mais voltado para os problemas da aprendizagem motora, um livro recente de Richard A. Magill inclui bons tratamentos de caráter introdutório sobre memória e processamento humano de informação:

Magill, R. A. *Aprendizagem motora: conceitos e aplicações*. São Paulo, Blücher, 1984 (v. principalmente os capítulos 2, 3, 4, 5 e 8).

Há dezenas de títulos de boas obras sobre memória e processamento humano de informação, editadas em inglês, nos últimos quinze ou vinte anos. A meia dúzia mencionada a seguir fornece um panorama atual, abrangente e bem fundamentado.

Estes, W. K., ed. *Handbook of learning and cognitive processes*. 6 volumes. Hillsdale, Erlbaum, 1975-78 (vol. 5: Human information processing).

Klatzky, R. L. *Human memory*. S. Francisco, Freeman, 1980.

Lachman, R., Lachman, J. L. e Butterfield, E. C. *Cognitive psychology and information processing: An introduction*. Hillsdale, Erlbaum, 1979.

Lindsay, P. H. e Norman, D. A. *Human information processing*. New York, Academic, 1977.

Loftus, G. R. e Loftus, E. F. *Human memory, the processing of information*. Hillsdale, Erlbaum, 1976.

Wingfield, A. e Barnes, D. L. *The psychology of human memory*. New York, Academic, 1981.

A literatura disponível em língua portuguesa sobre pensamento e solução de problemas conta com dois bons livros:

Polya, G. *A arte de resolver problemas*. Rio de Janeiro, Interciência, 1978.

Raths, L. E., Jonas, A., Rothstein, A. M. e Wassermann, S. *Ensinar a pensar*. São Paulo, Herder/EDUSP, 1972.

Tanto o livro de Polya como o de Raths e outros são anteriores à teorização e à pesquisa sobre processamento humano de informação, desenvolvida a partir de fins da década de sessenta, sobre pensamento, solução de problemas e tomada de decisão (as edições originais datam de 1956 e 1967, respectivamente). O leitor interessado em estudar os desenvolvimentos posteriores a 1970 precisa recorrer a livros estrangeiros, como os seguintes:

Burton, A. e Radford, J., ed. *Thinking in perspective*. London, Methuen, 1978.

Hogarth, R. M. *Judgement and choice: The psychology of decision*. Chichester, Wiley, 1980.

Mayer, R. E. *Thinking and problem solving*. Glenview, Scott Foresman, 1977.

Rowe, H. A. H. *Problem solving and intelligence*. Hillsdale, Erlbaum, 1985.

Snow, R. E., Federico, P.-A. e Montague, W. E., ed. *Aptitude, learning and instruction, vol. 2: Cognitive process analyses of learning and problem solving*. Hillsdale, Erlbaum, 1980.

Tuma, D. T. e Reif, F., ed. *Problem solving and education: Issues in teaching and research*. Hillsdale, Erlbaum, 1980.

Wallstein, T. S., ed. *Cognitive processes in choice and decision behavior*. Hillsdale, Erlbaum, 1980.