



Núcleo de Informática Aplicada à Educação
Universidade Estadual de Campinas

Resumo

Prosseguindo o questionamento vigente acerca de estabilidade da capacidade intelectual durante a vida adulta, tal como foi elaborada por Piaget e seus colaboradores, este estudo investiga o tipo de lógica utilizado por um grupo de adultos na manipulação do Computador. Com total desconhecimento prévio de computação, os adultos demonstraram raciocínio inferior a sua capacidade em outras áreas. Sugerindo explicações alternativas ao estado de equilíbrio postulado por Piaget. O impacto da inovação tecnológica revelaria assim o dinamismo da congnição do ser humano, no caso, implicaria uma reformulação do conceito corrente de treinamento no uso de computador.

NIED - Memo N° 7
1987

Como o computador é Dominado pelo Adulto

Ann Berger Valente

Cidade Universitária "Prof. Zeferino Vaz"
Prédio V da Reitoria - 2º Piso
13083-970 - Campinas - SP
Telefones: (019) 3788-7350 ou 3788-7136
Fac-símile: (19) 3788.7350 e 3788.7136 (ramal 30)

Como o Computador é Dominado pelo Adulto

Ann Berger Valente¹

Introdução

É bem sabido que existem diferenças entre a postura do adulto novato e a da criança diante do computador. Desculpas como "Não sei datilografar" ou "Sou péssimo em matemática" raramente partem da criança. Para a criança tudo é novo - o telefone, o televisor, a língua portuguesa, etc. Ela assimila o computador através da exploração concreta e intuitiva tal como assimila os demais objetos do seu ambiente. Já o adulto não teve este tipo de exploração do computador durante a sua infância. Portanto, o computador deve ser incorporado a uma estrutura mental já formada. Para a criança, o computador está presente no ambiente durante o desenvolvimento das suas estruturas mentais.

Esta situação enseja uma oportunidade singular para a investigação do processo que, no adulto, leva ao domínio desta nova tecnologia. Como o adulto que atingiu um nível formal de pensamento aprende um novo conceito abstrato quando não dispõe de nenhuma experiência prévia com os referentes deste conceito? Este adulto utiliza uma lógica formal neste domínio ou uma lógica mais elementar?

Na literatura especializada, há muitas discussões acerca do quarto estágio do desenvolvimento mental - estágio das operações formais - tal como elaborado pelo grupo de Piaget (Inhelder e Piaget 1958). Em síntese, atualmente os pesquisadores inclinam - se a discernir as complexidades do desenvolvimento intelectual do adulto. Segundo Piaget, durante a adolescência os indivíduos em sua maioria adquirem necessariamente as estruturas do pensamento formal, as quais podem ser utilizadas independentemente do contexto material a que se apliquem, e permanecem estáveis ao longo de sua vida. Hoje questiona-se esta teoria.

Este questionamento ramifica-se em suas direções: primeiro, a consideração das diferenças individuais entre seres humanos e, segundo, a falta de estabilidade da capacidade intelectual durante a vida adulta. Está sendo demonstrado que altas percentagens da população adulta carecem da capacidade de resolver uma série de tarefas piagetianas representativas do estágio das operações formais. Uma série de estudos com alunos de graduação demonstraram que somente 50%, 70% e, em certos casos, apenas 25% desta população são "formais", de acordo com testes piagetianos de

conservação de volume, exclusão de variáveis e inferências lógicas (Ibid., 1980). Mais notável ainda foi a manifestação de decalage horizontal em reverso. Habilidades deterioraram na ordem inversa à de sua aquisição. Por exemplo, indivíduos em idade avançada tendiam a perder a habilidade de conservar volume enquanto conseguiam ainda conservar número (Ibid., 1980).

Uma outra linha de estudo questiona a afirmação de que as operações formais sejam o ápice do desenvolvimento mental. Riegel (1973) discorda de Piaget com relação à idéia de que o equilíbrio entre assimilação e acomodação, característica do período formal, seja a culminação do desenvolvimento mental do ser humano. Ele propõe o estágio de operações dialéticas para enfatizar a natureza dialética do raciocínio maturo. Riegel propõe a aceitação de inconsistências, a intuição e a tolerância a ambiguidades, como aspectos principais da maturidade cognitiva. Assim, propõe que um indivíduo pode operar simultaneamente em diferentes estágios de pensamento, dependendo do contexto, atingindo operações dialéticas correspondentes ao nível de atuação naquela área.

Piaget responde a estas críticas com uma modificação da sua teoria original sobre a natureza das operações formais (Piaget, 1972). Neste trabalho, leva em consideração a influência do ambiente cultural, das aptidões individuais, e da especialização profissional no desenvolvimento de operações formais. Ele levanta várias hipóteses, demonstrando preferência por aquela que afirma que todos os indivíduos normais atingem o estágio das operações formais. Atingem-no, entretanto, em diferentes áreas, de acordo com sua aptidão e sua motivação. As estruturas formais podem ser utilizadas diferencialmente pelo indivíduo de acordo com a área. Assim, um sapateiro pode ser capaz de raciocinar formalmente em sua área. Entretanto, diante de um dos testes de pensamento formal de Piaget o sapateiro poderia manifestar "a aparência de estar no nível concreto" pela falta de informação na área a que o teste se refere (Piaget, 1972, pp. 10).

A importância de contexto familiar ao sujeito para a execução de operações abstratas foi demonstradas por Carraher, Carraher, e Schliemann (1985). Jovens de nove a quinze anos de idade foram observadas executando mentalmente cálculos complexos na atividade de vender mercadorias e fazer troco, no ambiente da feira livre, que lhes era familiar. Quando estes mesmos cálculos foram tirados do contexto e colocados na forma de equações no papel, houve uma queda significativa no desempenho dos sujeitos.

Uma outra demonstração da influência do contexto foi realizada com sujeitos aos quais se solicitam que indicassem a condição que provaria ou refutaria uma ação de inferência da forma "se p então q" - uma das estruturas formais de lógica proposicional atribuídas ao estágio das operações formais (Johnson - Laird, Legrenzi, e Sonino Legrenzi, 1972). Apresentaram - se aos sujeitos quatro cartelas de um conjunto de cartelas com letras no verso e números no anverso. As cartelas mostravam respectivamente "A" "D" "4" "7". Os sujeitos deveriam indicar qual(is) cartela(s)

teria(m) que ser virada(s) para provar ou refutar a seguinte proposição: "Se uma cartela mostra uma vogal numa face, então ela mostra um número par no verso".

Numa variação desta tarefa, as cartelas foram substituídas por envelopes, os quais eram fechados ou abertos no verso, e tinham um selo de 5 centavos ou de 4 centavos na frente, respectivamente. Solicitam-se aos sujeitos que imaginassem que trabalhavam no correio separando cartas e considerassem esta versão da afirmação: "Se a carta estiver fechada, então tem um selo de 5 centavos".

O desempenho dos sujeitos variou de acordo com a presença ou não do contexto. A maioria resolveu a tarefa apresentada no contexto do correio, mas foi incapaz de resolvê-la fora dele.

Resumindo, há indicações na literatura de que o desempenho das pessoas varia conforme as áreas em que conseguem operar formalmente. Um físico pode usar raciocínio formal num problema de velocidade, mas não necessariamente aplicar as mesmas operações lógicas na área da música ou advocacia. Em muitos casos, o contexto do problema pode influir, levando o indivíduo a atuar ao nível das operações concretas ou ao nível das operações formais naquela particular situação.

Piaget afirma que uma pessoa poderia se manifestar como se operasse concretamente, mas realmente operaria formalmente. Sustenta ainda que cada estágio é necessário para a construção do subsequente. Para chegar ao formal a pessoa teria que ter todas as estruturas mais elementares já formadas.

Mas o que poderia significar "parecer concreto" se não manifestação do uso de uma lógica mais elementar? Neste sentido, a categorização de "formal" ou "concreto" não serve para rotular um indivíduo. Aliás, poderia existir um desnível na capacidade lógica da pessoa. Afinal, não é possível que este desnível se estenda à lógica característica dos estágios anteriores, se o contexto for extremamente discrepante das experiências do indivíduo, como no caso do computador? Piaget dá margem a este tipo de questionamento quando especula acerca do processo de diferenciação segundo o interesse e a capacidade do indivíduo. Ele indaga se "...as mesmas estruturas são suficientes para a organização de diferentes domínios de atividade mas com diferença na maneira como elas são aplicadas, ou surgirão estruturas novas e especializadas que ainda não foram descobertas ou estudadas." (Piaget, 1972, pp.11).

Se existem estruturas novas, quais são as suas raízes nos estágios anteriores? Existem outras estruturas além de classificação, ordenação, conservação, etc.? Ou, talvez a generalização destas mesmas estruturas só possa ocorrer com experiência concreta e exploração intuitiva? Segundo Piaget, as descobertas sobre a conservação da matéria são facilmente generalizadas pela criança

para a conservação do peso. Mas conservação pode ser transferida ao espaço de trabalho na memória do computador sem que o indivíduo haja manipulado concretamente e intuitivamente este material? Não pode a pessoa ter uma atuação "pré-conservadora" nesta situação? Porque são tão freqüentes, sistemáticas e profundas as exclamações de adultos sobre a procedência alienígena do computador?

Objetivo

O objetivo deste estudo é investigar o tipo de lógica utilizado pelo adulto na manipulação do computador. O computador é um objeto novo, cujo funcionamento não é intuitivo para uma pessoa em conhecimento prévio de computação. Portanto, diante deste contexto, as indagações que se colocam são: Comparado com o seu desempenho em outras atividades da sua vida, o novato manifesta uma lógica mais elementar diante do computador? Quão elementar é a lógica das pessoas que desconhecem eletrônica, física e computação diante desta tecnologia?

Para responder a estas perguntas gerais, o estudo tem três objetivos específicos:

1. analisar o processo de construção de conceitos computacionais no adulto que tem os primeiros contatos com o computador.
2. procurar a lógica implícita no comportamento destas pessoas.
3. colocar o desenvolvimento desta lógica no contexto da teoria construtivista de Piaget.

Metodologia

As observações foram feitas durante uma experiência com seis adultos que nunca tinham tido contato com a área de computação. Os participantes eram mulheres, entre 23 e 35 anos de idade. Todas eram formadas nas áreas de saúde ou educação e nenhuma na área de ciências exatas. As participantes não se sentiam muito a vontade com o computador nem com outras máquinas em geral.

O sistema computacional utilizado foi a linguagem Logo. O ambiente de programação Logo é especialmente apropriado para uma investigação nessa área por que permite a observação do processo de pensamento do programador (Papert, 1980). O próprio programa é uma descrição da maneira pela qual o indivíduo resolve seu problema. Além disso, a linguagem Logo faz com que

uma série de idéias abstratas e sofisticadas sejam acessíveis para uma pessoa sem prévia experiência com o computador.

O presente estudo fazia parte de uma experiência cujo objetivo era colocar o computador num contexto educacional. Assim, as pessoas participaram de uma série de atividades, não apenas programação de computador. Os participantes dedicaram ao projeto 20 horas semanais durante um ano. Destas 20 horas, 8 horas semanais, em média, foram dedicadas à programação em Logo. As restantes 12 horas foram divididas entre as seguintes atividades: uso de Logo com crianças; observação da atuação das crianças; e análise destas observações num contexto teórico psicopedagógico. (Para maiores esclarecimentos sobre o curso consulte "Forming a Computer - Based Learning Environment for Exceptional Children", por J. A. Valente e A. B. Valente, "paper" apresentado em Logo 85 Conference, Cambridge, MA., Julho de 1985.)

Os dados foram coletados a partir da análise dos programas elaborados pelos sujeitos, das observações diretas de suas ações enquanto programaram em Logo, e das interações pesquisador - sujeitos. Estas últimas tinham como finalidade deixar o aprendiz explicar o que estava fazendo, e nestas ocasiões eram feitas perguntas específicas sobre o raciocínio ou idéias que estava utilizando.

O estudo teve as seguintes hipóteses de trabalho. Em primeiro lugar, foi postulado que seria observada uma discrepância entre o grau de sofisticação do comportamento dos participantes no computador em comparação com os seus comportamentos em outros domínios. Esta discrepância de capacidade seria típica da que é observada quando pessoas tentam penetrar uma área de especialização. Por exemplo, para o leigo em radiologia, a radiografia parece uma fotografia estranha, composta de manchas e formas nebulosas. Já o radiologista consegue ver na mesma chapa componentes anatómicos e anomalias do organismo. Ele dispõe de conhecimentos que dirigem sua atenção e permitem a interpretação das formas no início do treinamento. Mas esta demonstração não aumentaria a "transparência" da máquina. O principiante não saberia ainda incorporar esta nova informação. Estes circuitos seriam tão "opacos" ao seu entendimento quanto a chapa de raio-x. Diante deste objeto opaco, os participantes demonstrariam comportamentos ingênuos, enquanto em outros domínios poderiam raciocinar num nível mais sofisticado.

Em segundo lugar, o processo de dominar o computador seria um processo construtivista, envolvendo mudanças qualitativas de representação do que é o computador e de como ele funciona. O desenvolvimento da capacidade da leitura da palavra escrita é um exemplo deste tipo de mudança de representação. A criança não alfabetizada atribui muito menos significado a uma seqüência de caracteres do que o indivíduo alfabetizado consegue atribuir à mesma forma. Mas a habilidade da leitura não é simplesmente um exercício em percepção visual. É o resultado de todo um processo de formulação e depuração de hipóteses. De acordo com a hipótese em jogo, a representação da

natureza da palavra escrita se transforma qualitativamente. Assim, foi postulado que o processo de dominar o computador também seria um processo construtivista. A "legibilidade" dos sinais emitidos pelo computador seria o resultado da construção de conhecimentos neste domínio, e não simplesmente uma melhora perceptiva ou uma memorização de regras.

Resultados

Em termos de conhecimento sobre as entidades computacionais, todos os participantes chegaram a manipular arquivos, procedimentos, e espaço de trabalho, com um certo grau de confiança. Em termos de programação, todos escreveram programas estruturados em subprocedimentos e usaram variáveis locais. Alguns participantes exploraram a entrada de dados pelo teclado, recursão, variáveis globais, condicionais e/ou listas.

O processo de desenvolvimento de conceitos computacionais, pelo grupo estudado, recapitulou, de uma certa maneira, o desenvolvimento do conceito de permanência do objeto, tal como elaborado por Piaget. De fato, estes adultos diante do computador manifestaram muitos dos comportamentos que Piaget atribui às crianças nos estágios sensório - motor e pré - operacional. O adulto precisou manipular o novo conceito de uma maneira concreta para depois começar a formar teorias elementares a seu respeito.

A atuação dos participantes pode ser categorizada em três tipos. O primeiro exemplifica uma assimilação dos aspectos concretos, manipuláveis, e discretos do sistema. O indivíduo trabalha com os estados estáticos e não com as transformações. Muitas vezes ele assimila só um aspecto de uma situação complexa. Existe bastante dependência de regras para lidar com a complexidade do sistema.

O segundo tipo de comportamento demonstra a capacidade de interpretar sinais como representações de elementos no sistema e a assimilação das operações feitas com base em tais elementos. A pessoa começa a se preocupar com os aspectos dinâmicos do computador: as transformações.

Comportamentos do terceiro tipo demonstraram a capacidade de fazer operações em cima de operações. A pessoa manipula os fluxos dinâmicos dos elementos do sistema e consegue escrever programas para executar estas manipulações.

Existe um desenvolvimento geral na direção dos comportamentos do terceiro tipo. Entretanto, o desenvolvimento de um conceito é sempre relacionado com o contexto do problema.

Portanto, como um programa pode incorporar várias idéias diferentes, nada impede uma pessoa de demonstrar pensamentos dos tipos um e três no mesmo programa.

Os dois primeiros tipos de comportamentos serão exemplificados com experiências reais ocorridas durante o treinamento. Neste estudo, comportamentos do terceiro tipo não se manifestaram consistentemente. O desenvolvimento de idéias computacionais será analisado em duas áreas: conhecimento sobre o objeto computador (os componentes do sistema, e as entidades computacionais) e conhecimento sobre programação.

O Objeto Computador:

Diante do sistema do computador, os principiantes manifestaram comportamentos que refletiam uma lógica típica de crianças de doze a quinze meses. Eles consideraram somente os aspectos tangíveis, visíveis e audíveis do "hardware". Neste universo quase sensório - motor do principiante existiam, por exemplo, o teclado, a tela, a luz vermelha na unidade de disco, enquanto coisas invisíveis como a unidade central de processamento, a memória, a passagem de informações de um dispositivo para o outro, não tinham qualquer realidade. Os adultos se preocuparam com um micromundo de objetos concretos, ignorando o resto do sistema.

Durante as primeiras semanas (e até meses) do estudo, os participantes não lidaram com o televisor como uma saída, mas como o computador em si. Eles se envolveram num diálogo direto entre o teclado e a tela. Datilografavam coisas no teclado e observavam o projeto evoluir na tela. O seguinte comportamento é típico desta fase. Um dia, uma das pessoas estava sozinha na sala do computador. Ela folheava um livro de idéias de projetos e encontrou o procedimento POLI (um procedimento que desenha poligonais recursivamente e neste caso sem instrução de parada). Ela já tinha tido cerca de dez sessões no computador, mas nunca tinha visto recursão. Inocentemente, copiou o procedimento e o executou. Espantada com o resultado, e não sabendo como interromper a recursão, ela queria recuperar o controle sobre o computador. Aí, teve a idéia de desligar a máquina. Só que, desligou o televisor (e não a unidade central de processamento). Isto é um comportamento condizente com sua lógica do primeiro tipo.

Disquetes também existiam neste micromundo dos principiantes. Podiam ser tocados, dobrados, perdidos, e houve também um investimento emocional muito grande na crença de que seus projetos podiam ser guardados nos disquetes. Os participantes tinham evidência empírica de que isso era verdade porque, "com um pouco de mágica", podiam colocar um projeto de volta no televisor. Isto acontecia mesmo com qualquer compreensão das funções das caixas que compõem o

sistema. Frequentemente, as pessoas colocavam seus disquetes na unidade de disco e já chamavam um dos seus procedimentos, sem carregar nenhum arquivo do disquete para a memória do computador. Em resposta a esta chamada recebiam uma mensagem de erro indicando que ainda não fora ensinado aquele procedimento. Nestes momentos as pessoas se defendiam, "Mas, coloquei o disquete! ", como se esta ação concreta bastasse para incluir o seu trabalho dentro do computador. Eventualmente todas chegaram a reconhecer que a luz tem que acender e a caixa tem que emitir um pequeno barulho antes de aparecer o desenho. O comando "CARREGUE" faz isso. Mas estes comandos de carregar e gravar são ainda associados a estes estímulos sensoriais como a luz e o ruído, e não a uma translação de objetos como arquivos ou procedimentos.

Como os adultos passaram a acreditar na existência de certas entidades intangíveis? O editor é uma das primeiras destas entidades a serem assimiladas. Ele tem certas características de objetos. A pessoa "entra " e "sai" dele a toda hora. Um dos participantes extrapolou esta metáfora e atribuiu ao editor características de objetos permanentes. Depois de trabalhar várias horas no computador ela quis parar para almoçar. Como ainda não terminara o programa, ela resolveu não gravar no disquete e sim apenas deixá-lo no editor. Colocou todos os nomes no editor, desligou o computador e saiu da sala. Imagine sua surpresa e seu desespero quando voltou a trabalhar! Este tipo de experiência estimula perguntas do tipo: "O que foi perdido quando desliguei o computador?" , "Por que não foi perdido quando desliguei o televisor?"

Geralmente, estes momentos caóticos levaram os participantes a refinar hipóteses elementares sobre a natureza das entidades intangíveis. Em algum momento, algo dramático aconteceu a cada participante o qual originou uma situação conflitante, por exemplo, a memória encheu-se de "lixo", ou o projeto de uma pessoa foi misturado com o seu. Parece que este caos facilita o reconhecimento de que existem coisas que estão se acumulando em algum lugar. E na medida em que os adultos procuraram a fonte do seu caos, os comandos para carregar, gravar, mostrar o conteúdo de espaço de trabalho, etc. ganharam nova importância.

Com a aquisição de mais experiências, as pessoas começaram a formar noções sobre a natureza dos objetos no computador e sobre as operações que transformam estes objetos. De repente surgiu a vontade de exercitar este novo conhecimento e várias pessoas queriam "limpar" os seus disquetes. Assim, entregaram-se a atividades mecânicas e gratificantes de carregar um arquivo, eliminar o que a ele não pertencia, gravar, limpar a memória, e começar tudo de novo. Deleitaram-se com o poder sobre este novo domínio.

Programação:

O desenvolvimento do conhecimento na área de programação seguiu um caminho análogo ao do computador. Os participantes tiveram dificuldades com os aspectos dinâmicos dos procedimentos. Demonstraram a tendência a se fixar em estados estáticos, no resultado final de uma série de instruções, e não nas transformações que ocorriam durante a execução destas instruções. Diante de uma nova idéia de programação primeiramente assimilaram aspectos concretos desta noção.

Em Logo, os comandos primitivos que controlam a tartaruga são ligados diretamente ao concreto. Se dá à tartaruga o comando para andar para frente tantos passos é exatamente isso que acontece na tela. Nada mais, nada menos. Existe uma correspondência um a um: comando - resultado.

Já quando os comandos são agrupados, o resultado do grupo de comandos é, às vezes, muito mais do que é esperado dos comandos individuais. A introdução do comando REPITA para desenhar círculos é um exemplo clássico deste fenômeno. Há muita coisa acontecendo automaticamente. A pessoa não pode mais "tocar" cada comando isoladamente, passo a passo. "PARAFRENTE 10" foi visto facilmente como uma descrição de um risco. "Anda girando" é o que todas fizeram inicialmente com o corpo para descrever um círculo, mas a tartaruga não consegue fazer este movimento. "Anda um pouco e depois vira um pouco" foi uma descrição um pouco mais difícil de entender. A formalização, REPITA 360 [PARAFRENTE 1 PARADIREITA 1], da descrição de um círculo foi bastante problemática. Neste caso, pensar na síntese dos comandos, ao invés de comandos isolados, foi difícil para o grupo. Eles inventaram outras descrições do fenômeno, por exemplo: "Sei fazer círculo. É REPITA 360 [pf 1 pd 1]" (como uma fórmula) ou "REPITA tem que ter 360". Estas declarações explicam somente aspectos tangíveis de um processo dinâmico ainda não compreendido.

Esta mesma dificuldade se apresentou na manipulação de vários subprocedimentos para fazer um desenho de várias partes. Por exemplo, na construção de uma cena com uma casa e uma árvore, primeiro a casa foi definida e depois a árvore. Toda vez que a pessoa executou o procedimento CASA, saiu o desenho da casa na tela. Depois foi executado o procedimento ÁRVORE, e o desenho da árvore saiu direitinho. De repente, ÁRVORE foi executado antes de CASA e apareceu outra coisa na tela. A maioria dos participantes, num determinado estágio do seu desenvolvimento, foi incapaz de explicar o que aconteceu neste tipo de situação. ÁRVORE sempre fazia aquele desenho e agora não faz mais! A identidade da ÁRVORE mudou de acordo com a

localização e orientação na tela. CASA e ÁRVORE eram coisas isoladas, com resultados discretos. A relação de dependência de ÁRVORE na CASA não era visível anteriormente.

Esta dificuldade com coisas acontecendo automaticamente, "invisivelmente", persistiu no decorrer do ano. Mesmo trabalhando com conceitos considerados mais avançados, as pessoas tentaram manipular manualmente a atividade dentro do computador. Por exemplo, quando foi explicada a idéia de variáveis globais, duas pessoas sentiram extremo desconforto com a noção de que estas entidades estavam "soltas" na memória. Elas queriam "ligar" ou "amarrar" a variável no mesmo procedimento que ia alterá-la recursivamente. Ou criavam a variável global num subprocedimento separado, mas passavam este valor para todos os outros subprocedimentos como parâmetro local com o mesmo nome, assim ligando concretamente a variável ao procedimento.

A tentativa de controlar concretamente um processo automático também ocorreu quando começaram a explorar os aspectos mais difíceis de recursão. Uma pessoa definiu o seguinte procedimento para escrever números decrescentes de n até 1, e depois, na volta da recursão, escrever os números crescentes de 1 até n .

```
aprenda números :n
escreva :n
se :n = 1 então [pare]
números :n - 1
escreva :n + 1
escreva :n +2
escreva :n +3
fim
```

Analisando este programa é evidente que a pessoa soube usar recursão para escrever os números decrescentes, mas ainda não domina a noção da volta da recursão. De alguma maneira os outros números têm que ser impressos, mas de onde viriam? A pessoa explicitou, "manualmente" a incrementação de n , soma por soma a partir do último valor de n . Este último valor de n é tangível. "O programa rodou até que n ficou a um." Ela aproveitou este valor de n , ignorando a existência, na memória do computador, de todos os outros valores assumidos por n durante o decorrer da recursão.

Estes exemplos demonstram a maneira como estes adultos se baseiam no concreto diante de uma série de noções de programação. Esta volta ao concreto aconteceu espontaneamente diante de cada novo desafio. A compreensão das idéias de programação partiu desta exploração concreta e intuitiva. O surpreendente é que mesmo com noções relativamente simples (como a seqüência de

movimentos para traçar uma cena ou um círculo) os adultos ficaram presos ao efeito visual que saiu na tela e não assimilaram o procedimento por trás deste efeito.

Discussão

Esta investigação está em sintonia com as pesquisas que demonstram que a habilidade de usar lógica formal será usada num outro domínio. A aprendizagem de um novo domínio pode revelar grande discrepância no nível de sofisticação do nosso pensamento. O presente estudo mostra que a apresentação do computador ao adulto acentuou esta discrepância.

Piaget aceitou a idéia de que o comportamento intelectual de um indivíduo pode ter a aparência de um reversão do estágio formal ao concreto. E a maior parte da literatura focaliza este tipo de fenômeno. Contudo, neste estudo, apresentou-se evidência indicando o fato de que adultos assimilam certas informações no domínio da computação usando um raciocínio típico do estágio pré-operacional ou até mesmo sensório-motor, em certas circunstâncias.

Na área do reconhecimento sobre o computador, os adultos não manifestaram o conceito de permanência de objetos que eles, supostamente, adquiriram durante a infância. Atuaram como se não tivessem dominado esta idéia quando manipularam entidades como os arquivos, a memória, etc. Ficaram presos aos aspectos diretamente perceptíveis do sistema. Nem uso de símbolos para representar uma realidade física, como a luz na unidade de disco, que indica passagem de informação de um dispositivo para o outro, foi observável no início. Neste caso, a luz foi percebida, mas não foi associada a um efeito.

Certamente esta população de adultos possui noções de causa e efeito, e consegue manipular símbolos que representam objetos e ações. Entretanto, no domínio do computador, comportaram-se como se um objeto fora da visão deixasse de existir. A construção do conceito de permanência de objetos computacionais, e a habilidade de referenciar estes objetos usando símbolos, aconteceu através da manipulação intuitiva do material. Este processo foi análogo àquele pelo qual a criança passa durante a construção do conceito de permanência dos objetos ao seu redor.

Na área de programação, os adultos trataram um processo que, por definição, é altamente dinâmico como sendo algo estático. Este comportamento é comparável ao da criança de cinco anos. Na prova piagetiana de conservação de líquido, a criança pré-operacional não se interessa pela translação do líquido de um corpo para outro, mas somente pela configuração dos estados finais. A quantidade de líquido é determinada pela forma do recipiente sem consideração da operação de despejá-lo. Analogamente, os adultos não trataram os procedimentos como transformações da

posição da tartaruga, mas como comandos que produzem desenhos na tela, em posições fixas. É possível que o fato de não terem conseguido explicar a dependência entre o procedimento ÁRVORE e o procedimento CASA deva-se a que os procedimentos eram tratados como entidades estáticas, e não como uma seqüência de translações da tartaruga em um espaço contínuo. Análogo ao problema de conservação de líquido, para o adulto, a definição de um procedimento foi determinada pelo desenho na tela (estado final), sem consideração da seqüência de comandos executados no processo de produzir o desenho.

Tanto no caso da conservação de líquido como no processo de programar o computador, ser executor da ação não contribuiu para a compreensão do fenômeno: o "não - conservador" de líquido pode despejar o líquido e o pensador "não - procedimental" pode escrever o procedimento, e não haver qualquer alteração do seu nível de compreensão.

A compreensão do que é um procedimento se desenvolveu através da exploração do material. Através da criação e manipulação de muitos procedimentos - o que provocou conflitos lógicos e momentos de caos - os adultos começaram a assimilar o dinamismo destas entidades. Começaram a pensar em como descrever um fenômeno numa seqüência de ações. Mas o fluxo "automático" na execução do programa foi difícil de ser assimilado. Os adultos tentaram controlar este fluxo manualmente.

É difícil comparar este comportamento do adulto com o de uma criança numa atividade similar por falta de outros materiais que concretizam o pensamento "procedimental". Neste caso, talvez, seria necessário comparar o comportamento de adultos e crianças de diferentes idades nas mesmas atividades de programação para verificar se usam o mesmo tipo de lógica, ou se o adulto dispõe de alguma coisa a mais. Numa pesquisa desta natureza também deveria ser considerada a possibilidade de a criança superar a atuação do adulto, em termos da adequação do raciocínio usado para a solução do problema.

Em suma, parece inegável o desnível intelectual do adulto em certas circunstâncias, como foi documentado na literatura e pelo resultado deste estudo. Mas o desnível até agora discutido é de apenas um estágio: do formal para o concreto. No entanto, o trabalho com o computador mostrou que os adultos usaram uma lógica típica do estágio pré - operacional. Como é possível explicar esta diferença?

A explicação pode estar relacionada com o tipo de material que Piaget utilizou nas suas pesquisas. Os materiais que ele utilizou não tinham as características do computador. Este recurso tecnológico pode estar criando uma situação de aprendizado totalmente nova e desvinculada do que já conhecemos. Outro fator poderia ser o grau de abstrato exigido pelo uso do computador. Também

deveria ser considerada a possibilidade de que os adultos simplesmente faltaram informações necessárias para manipular o computador.

Com relação a dessemelhança da natureza do computador em relação a todos os outros objetos ao nosso redor, a dificuldade pode estar no fato de que a população deste estudo não dispõe de certos conhecimentos das ciências exatas que poderiam ser relevantes na atividade de programação. Muito ao contrário, estes adultos carregam preconceitos negativos de fracasso e de desespero com relação estes domínios. Será que a aprendizagem de programação seria facilitada se os conhecimentos de física ou de matemática, por exemplo, fossem mais acessíveis? Neste caso, seria interessante investigar o desempenho de várias populações que dispõe de diferentes tipos de conhecimentos relevantes. Por exemplo, alguém das ciências exatas regride tanto quanto o das ciências humanas? Em quais áreas?

Com relação ao nível de abstração do funcionamento do computador, é possível que a manipulação do computador seja uma atividade altamente abstrata. Mas, como definir o que é abstrato? O nível de abstração depende muito dos materiais disponíveis no ambiente e na cultura. Por exemplo, uma criança de cinco ou sete anos, criada com a presença do televisor, já não acredita que neste vivem pessoas miniaturizadas. Ela entende que as representações na televisão são fabricadas e transmitidas para dentro desta caixa (Dorr, 1980). Para a criança que entende que não há gente dentro do televisor, será muito mais abstrata a noção de que o monitor é uma saída de informação e não a fonte? (Uma das confusões demonstradas por todos os adultos.) Se a criança consegue fornecer uma explicação razoável deste fenômeno, isto significa que ela é capaz de abstrações formais, ou que a tarefa não é estritamente abstrata?

Levando em consideração a terceira hipótese, talvez os comportamentos documentados neste estudo sejam típicos dos comportamentos de qualquer pessoa atuando em qualquer área desconhecida, pela simples falta de conhecimento do domínio. Como poderia alguém programar o computador usando lógica formal sem conhecimento prévio de coisas como tabelas, pilhas, interpretadores, ou mesmo circuitos, e fluxo de elétrons? Como indivíduo poderia entender o comando CARREGUE, sem conhecimento dos efeitos físicos desta operação? Adotando este ponto de vista, não houve qualquer mudança no nível de raciocínio dos adultos deste estudo. O adulto sempre usou lógica formal, e o seu comportamento simplesmente reflete o fato de que a eles não foram fornecidas as regras do jogo.

Por outro lado, somente o conhecimento do domínio não é indicação de habilidade. Vamos considerar a criança de três anos que descobre o interruptor de luz. Esta criança se deleita em correr pela casa apagando e acendendo todas as luzes ao seu alcance. Ao nível do conceito de causa e efeito, ela entende este sistema elétrico e o manipula com um grau de confiança muito grande. O

adulto dispõe de um pouco mais de flexibilidade na manipulação deste sistema. Por exemplo, sabe que a colocação de um abajur depende de um acesso a uma tomada, e sabe trocar lâmpadas sem qualquer problema. Com um nível de conhecimento extremamente superficial de eletricidade, a maior parte da população consegue desfrutar deste sistema. Cabe ao eletricista aprofundar os aspectos referentes a pólos positivo e negativo, fio terra, etc. Mas talvez nem o eletricista entenda a física por trás do fluxo de elétrons nos fios que ele manipula diariamente. Esta falta de conhecimento impede um raciocínio formal por parte do eletricista?

Em suma, não podemos rotular o computador como sendo um equipamento cujo uso é puramente abstrato e que requer cursos prévios sobre eletrônica e teorias de computação. Hoje em dia crianças de sete, oito anos, que não atingiram o estágio das operações formais, estão escrevendo programas em várias linguagens computacionais. Do mesmo modo, um adulto pode ser um excelente programador sem ter qualquer conceito sobre circuitos integrados. Existem diferentes níveis de aprofundamento no processo de dominar o computador. De fato, esta tecnologia é tão complexa que são poucas as pessoas capazes de dominar o computador. De fato, esta tecnologia é tão complexa que são poucas as pessoas capazes de explicar o seu funcionamento em toda sua amplitude e detalhe. Mas qualquer pessoa, de acordo com o seu interesse e capacidade, pode utilizá-lo de uma maneira condizente com seu nível cognitivo.

No entanto, os adultos neste estudo demonstram raciocínio inferior a sua capacidade em outras áreas. Esta tecnologia pode estar extremamente desvinculada de nossas experiências prévias. O desnível no comportamento intelectual destes adultos pode ser atribuído a esta falta de vinculação, causando um período de compensação pelas experiências de que carecem.

Conclusão

Apresentou-se evidência demonstrando que o domínio do computador não ocorre pela simples incrementação de novas informações numa estrutura mental que não dispõe de qualquer experiência prévia com a natureza deste objeto. Adultos novatos em computadores, com formação nas ciências humanas, não usaram lógica formal quando começaram a manipular o computador. Diante desta nova tecnologia usaram raciocínio concreto e pré - operacional. O domínio do computador exigiu um período prolongado de exploração intuitiva deste material, possibilitando a construção de certos conceitos ausentes no pensamento dos sujeitos. O domínio não ocorreu pela memorização de dados ou receitas.

Quais são as implicações deste resultado? Em primeiro lugar, exige uma reformulação de nosso conceito de treinamento no uso do computador. Se a nossa meta for o domínio da máquina, ao invés da capacidade de seguir receitas, a mera apresentação de informações sobre o computador é insuficiente. O treinando precisa construir este conhecimento por si próprio. Não adianta pensar que como instrutores podemos "abrir" a cabeça do treinando e enfiar informações lá dentro.

Em segundo lugar, o indivíduo que atingiu operações formais não necessariamente entra num estado de equilíbrio, tal como postulado por Piaget. Basta uma revolução tecnológica para revelar o dinamismo da cognição do ser humano. Diante de princípios extremamente discrepantes - no sentido de nunca haver vivenciado algo similar durante a formação de nossas estruturas mentais - o sistema mental entra em desequilíbrio. Quando o sistema não consegue assimilar a nova informação, ele é capaz de adaptar, mesmo com trinta ou mais anos de vida.

Talvez a ameaça que as pessoas sentem diante desta nova tecnologia seja devida em parte, a esta discrepância. Ela pode causar sentimentos de alienação, de medo de se comportar de uma maneira não inteligente, e de resistência contra a mudança de sua maneira de pensar.

Referências

- Carraher, T. N., Carraher, D. W., e Schliemann, A.D. (1985). Mathematics in the Streets and in Schools. *British Journal of Developmental psychology*. Vol. 3 : pp. 21 - 29.
- Dorr, A. (1980). When I Was a child I Thought as a child, em S. B. Withey e R. P. Abeles (eds). *Television and Social Behavior: Beyond Violence and Children*. pp. 191 - 230. Hillsdale, N. J. : Lawrence Erlbaum Assoc.
- Ferreiro, E. (1986). *Alfabetização em processo*. São Paulo: Cortez Editora.
- Johnson - Laird, P.N., Legrenzi, P., e Sonino Legrenze, M. (1977). Reasoning and a Sense of Reality. Citado em P. N. Johnson - Laird, e P. C. Wason, (eds) *Thinking: Readings in Cognitive Science*. Pp. 143 - 157. Cambridge: Cambridge University press.
- Inhelder, B. e Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking from childhood to Adolescence*. New York: Basic Books.
- Long, H., McCrary, K. J., e Ackerman, S. (1980). *Adult Cognitive Development: A New Look at Piagetian Theory*. *Journal of Research and Development in Education*. Vol. 13(3). Pp. 11 - 20.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*. New York: Basic Books Inc.
- Piaget, J. (1972) *Intellectual Evolution from Adolescence to Adulthood*. *Human Development*. Vol 15. Pp. 1 -12.
- Riegel, K. F.. (1973). *Dialectic Operations: The Final Period of Cognitive Development*. *Human Development*. Vol. 16.