

Por Quê o Computador na Educação?

José Armando Valente*

Introdução

Foi dito no capítulo anterior que o computador está propiciando uma verdadeira revolução no processo de ensino-aprendizagem. Uma das razões dessa revolução é o fato de ele ser capaz de ensinar. Entretanto, o que transparece, é que a entrada dos computadores na educação tem criado mais controvérsias e confusões do que auxiliado a resolução dos problemas da educação. Por exemplo, o advento do computador na educação provocou o questionamento dos métodos e da prática educacional. Também provocou insegurança em alguns professores menos informados que receiam e refutam o uso do computador na sala de aula. Entre outras coisas, esses professores pensam que serão substituídos pela máquina. Além disso, o custo financeiro para implantar e manter laboratórios de computadores exige que os administradores adicionem alguma verba ao já minguado orçamento da escola. Finalmente, os pais exigem o uso do computador na escola, já que seus filhos, os futuros membros da sociedade do século 21, devem estar familiarizados com essa tecnologia.

Tendo em mente esse panorama, talvez um pouco exagerado mas, não impossível, as perguntas mais comuns e naturais que se faz são: que benefícios serão conseguidos com a introdução do computador na educação? ou, por quê usar o computador na educação? Existe realmente algum benefício auferido ou é uma questão de modismo?

A posição defendida nesse capítulo é a de que o computador pode provocar uma mudança de paradigma pedagógico. Como foi discutido no capítulo anterior, existem diferentes maneiras de usar o computador na educação. Uma maneira é informatizando os métodos tradicionais de instrução. Do ponto de vista pedagógico, esse seria o paradigma instrucionista. No entanto, o computador pode

enriquecer ambientes de aprendizagem onde o aluno, interagindo com os objetos desse ambiente, tem chance de construir o seu conhecimento. Nesse caso, o conhecimento não é passado para o aluno. O aluno não é mais instruído, ensinado, mas é o construtor do seu próprio conhecimento. Esse é o paradigma construcionista onde a ênfase está na aprendizagem ao invés de estar no ensino; na construção do conhecimento e não na instrução.

Entretanto, a questão ainda é: como e por quê o computador pode provocar a mudança do instrucionismo para o construcionismo? Será que o computador não está sendo usado como uma grande panacéia educacional, como tantas outras soluções já adotadas? E tudo não continuou exatamente como era? Quantas vezes essa mudança pedagógica já não foi proposta?

As Visões Céticas e Otimistas da Informática em Educação

A introdução de uma nova tecnologia na sociedade provoca, naturalmente, uma das três posições: ceticismo, indiferença ou otimismo. A posição dos indiferentes é realmente de desinteresse ou apatia: eles aguardam a tendência que o curso da tecnologia pode tomar e aí, então, se definem. Já, as visões cética e otimista, são mais interessantes para serem discutidas. Elas nos permitem assumir uma posição mais crítica com relação aos novos avanços tecnológicos. São essas duas visões que serão discutidas a seguir.

A Visão Cética

Os argumentos dos céticos assumem diversas formas. Um argumento bastante comum é a pobreza do nosso sistema educacional: a escola não tem carteiras, não tem giz, não tem merenda e o professor ganha uma miséria. Nessa pobreza, como falar em computador?

De fato a escola e o sistema educacional não têm recebido a atenção que merecem, não têm recebido recursos financeiros e se encontram paupérrimos. No entanto, melhorar somente os aspectos físicos da escola não garante uma melhora no aspecto educacional. Valorizar o salário do professor certamente contribui para uma melhora do aspecto educacional, como já foi demonstrado com estudos realizados pela Câmara do Comércio Brasil-Estados Unidos (1993). Entretanto, essa valorização salarial deve ser acompanhada de uma valorização da educação como um todo. Isso significa que a escola deve dispor de todos os recursos existentes na sociedade. Caso contrário a escola continuará obsoleta: a criança vive em um mundo que se prepara para o século 21 e frequenta uma escola do século 18 (isso tanto a nível de instalações físicas como de abordagem pedagógica). Segundo, a valorização salarial não significa, necessariamente, que haverá uma mudança de paradigma pedagógico. Hoje, as mudanças do sistema de produção e dos serviços, as mudanças tecnológicas e sociais exigem um sujeito que saiba pensar, que seja crítico e que seja capaz de se adaptar às mudanças da sociedade. Como está descrito no capítulo 14 desse livro, essas mudanças já estão ocorrendo no sistema de produção e é um processo irreversível. Por isso, o aluno não pode mais ser visto como um depósito que deve estocar os conteúdos transmitidos pelo professor. A informação que está sendo transmitida certamente é obsoleta e essa postura passiva que é imposta ao aluno não o prepara para viver nem na sociedade atual, quanto mais na sociedade do século 21. Portanto, a melhoria do aspecto físico da escola e do salário do professor deve ser acompanhada de uma mudança pedagógica.

Um outro argumento utilizado contra o uso do computador na educação é a desumanização que essa máquina pode provocar na educação. Esse argumento tem diversas vertentes. Uma delas é a possibilidade do professor ser substituído pelo computador. Com isso se eliminaria o contato do aluno com o professor e, portanto, o lado humano da educação. Esse receio é mais evidente quando se adota o paradigma instrucionista. Nesse caso, tanto o professor quanto o computador podem exercer a função de transmissores de fatos. Dependendo do professor, o computador pode facilmente ser mais vantajoso. Assim, se o professor se colocar na posição de somente passar informação para o aluno, ele certamente corre o risco de ser substituído. E será. Existem aí vantagens econômicas que forçarão essa substituição.

Uma outra vertente desse argumento é o fato de a criança ter contato com uma máquina racional, fria, e, portanto, desumana, propiciando com isso a formação de indivíduos desumanos e robóticos. Os aficionados dos vídeo-jogos colaboram para que essa visão seja cada vez mais disseminada. No entanto, o que acontece hoje com o computador ou mesmo com o vídeo-jogo pode acontecer com outros artefatos como televisão, música, etc. Nesse caso, o problema em si não está no artefato, mas no estilo de vida e na personalidade do usuário desses artefatos. Segundo, o computador na educação não significa que o aluno vá usá-lo 10 ou 12 horas por dia. Nas melhores condições ele usará o computador uma hora por dia. Pensar que esse nível de exposição a algo considerado racional e frio, produzirá um ser robótico e desumano é subestimar a capacidade do ser humano. É atribuir ao ser humano a função de mero imitador da realidade que o cerca.

Outros argumentos usados pelos céticos estão relacionados à dificuldade de adaptação da administração escolar, dos professores e dos pais à uma abordagem educacional que eles mesmo não vivenciaram. Esse, certamente, é o maior desafio para a introdução do computador na educação. Isso implica numa mudança de postura dos membros do sistema educacional e na formação dos administradores e professores. Essas mudanças são causadoras de fobias, incertezas e, portanto, de rejeição do desconhecido. Vencer essas barreiras certamente não será fácil porém, se isso acontecer, teremos benefícios tanto de ordem pessoal quanto de qualidade do trabalho educacional. Caso contrário, a escola continuará no século 18.

A Visão Otimista

Os entusiastas do uso do computador na educação apresentam outros argumentos. Esses argumentos nem sempre são tão convincentes. O otimismo é gerado por razões pouco fundamentadas, correndo o risco de provocar uma grande frustração, como já ocorreu com tantas outras soluções que

foram propostas para a educação. Sem entrar nos detalhes de cada um dos argumentos, os mais comuns podem ser classificados como:

- Modismo: outros países (estados ou cidades) ou outras escolas dispõem do computador na educação, portanto, nós também devemos adotar essa solução. Esse tipo de argumento é muito superficial e já foi causa de muitos erros implantados no sistema educacional. Certamente, as experiências existentes devem ser utilizadas, porém com muito senso crítico e não devem ser meramente copiadas.

- O computador fará parte da nossa vida, portanto a escola deve nos preparar para lidarmos com essa tecnologia. Esse tipo de argumento tem provocado que muitas escolas introduzam o computador como disciplina curricular. Com isso o aluno adquire noções de computação: o que é um computador, como funciona, para que serve, etc. No entanto, esse argumento é falacioso. Primeiro, computador na educação não significa aprender sobre computadores, mas sim através de computadores. Segundo, existem muitos artefatos que fazem parte da nossa vida cuja habilidade de manuseio não foi adquirida na escola, por exemplo, o telefone, o rádio, a televisão. Somos capazes de manuseá-los muito bem e essa habilidade não foi adquirida na escola através de cursos sobre esses equipamentos. Por que o computador merece esse destaque dentre as tecnologias, a ponto de ser considerado objeto de estudo na escola? Se ele fará parte da nossa vida, como já ocorre, ele será simples, descomplicado, de modo que o usaremos sem saber que estamos usando um computador. Como ocorre com o telefone: usamos sem saber princípios de telefonia ou como funciona o telefone. O interesse em estudar esses objetos tecnológicos na escola deve ir além do simples fato de eles permearem a nossa vida.

- O computador é um meio didático: assim como temos o retroprojetor, o vídeo, etc, devemos ter o computador. Nesse caso o computador é utilizado para demonstrar um fenômeno ou um conceito, antes do fenômeno ou conceito ser passado ao aluno. De fato, certas características do computador como capacidade de animação, facilidade de simular fenômenos, contribuem para que ele seja facilmente usado na condição de meio didático. No entanto, isso pode ser caracterizado como uma sub-utilização do computador se pensarmos nos recursos que ele oferece como ferramenta de aprendizagem.

- Motivar e despertar a curiosidade do aluno. A escola do século 18 não consegue competir com a realidade do início do século 21 em que o aluno vive. É necessário tornar essa escola mais motivadora e interessante. Entretanto, esse tipo de argumento é preocupante e revela o descompasso pedagógico em que se encontra a escola atualmente. Primeiro, é assustador pensar que necessitamos de algo como o computador para tornar a escola mais motivadora e interessante. A escola deveria ser interessante não pelo fato de possuir um artefato mas, pelo que acontece na escola em termos de aprendizado e desenvolvimento intelectual, afetivo, cultural e social. Segundo, o computador como agente motivador pressupõe que a escola, como um todo, permaneça como ela é, que não haja mudança de paradigma ou de postura do professor. Nesse caso, o computador mais parece um animal de zoológico que deve ser visto, admirado, mas não tocado. O computador entra na escola como meio didático ou como objeto que o aluno deve se familiarizar, mas sem alterar a ordem do que acontece em sala de aula. O computador nunca é incorporado à prática pedagógica. Ele serve somente para tornar um pouco mais interessante e "moderno" o ambiente da escola do século 18.

- Desenvolver o raciocínio ou possibilitar situações de resolução de problemas. Essa certamente é a razão mais nobre e irrefutável do uso do computador na educação. Quem não quer promover o desenvolvimento do poder de pensamento do aluno? No entanto, isso é fácil de ser falado e difícil de ser conseguido. Já foram propostas outras soluções que prometiam esses resultados, e até hoje a escola contribui muito pouco para o desenvolvimento do pensamento do aluno. Por exemplo, essa não é uma das razões pelas quais ensinamos matemática na escola?

Por Quê se Ensina Matemática na Escola?

As razões pelas quais se ensina matemática na escola não são diferentes das razões pelas quais se propõe o uso do computador na escola. De fato, Kline (1973) lista várias justificativas que podem ser sintetizadas:

- Transmitir fatos matemáticos. Os conceitos matemáticos têm sido acumulados desde o ano 3.000 AC. Um indivíduo que se diz "escolarizado", necessariamente, deve conhecer alguns desses fatos.

- Pré-requisito para o sucesso. Normalmente as profissões de maior destaque na nossa sociedade requerem o conhecimento matemático. Se o aluno deseja o status social que essas profissões propiciam, então é necessário "ser bom em matemática".

- Beleza intrínseca à estrutura matemática. Os matemáticos se encantam com a estrutura matemática. O fato de um número mínimo de axiomas dar origem a um tipo de geometria ou de teoria dos números é impressionante como estrutura lógica. Essa beleza e o poder mental que a construção dessa estrutura exige deveria ser transmitida aos alunos. A mesma satisfação que o matemático encontra em raciocinar e organizar o seu pensamento, segundo essas estruturas matemáticas, o aluno deveria encontrar em resolver um problema.

- Valores práticos. A matemática auxilia o homem a entender e dominar o mundo físico e, até certo ponto, o mundo econômico e social. A descrição precisa do que acontece ao nosso redor é feita em termos da matemática ou de um sistema simbólico que tem características matemáticas.

- Treino da mente. Mais uma vez, a razão nobre e irrefutável ou seja, propiciar o desenvolvimento disciplinado do raciocínio lógico-dedutivo. A própria origem da palavra "matemática" significa a técnica (tica) de entender ou compreender (matema). Portanto, fazer matemática exige, necessariamente, o desenvolvimento de habilidades ou técnicas de pensamento ou raciocínio.

Entretanto, quando observamos o que acontece com o ensino de matemática na escola notamos que o argumento nobre, o desenvolvimento do raciocínio lógico-dedutivo, não é o subproduto mais comumente encontrado. Muito pelo contrário. Aprender matemática ou fazer matemática é sinônimo de fobia, de aversão à escola e, em grande parte, responsável pela repulsa ao aprender. Assim, o que foi

introduzido no currículo como um assunto para propiciar o contato com a lógica, com o processo de raciocínio e com o desenvolvimento do pensamento, na verdade acaba sendo a causa de tantos problemas relacionados com o aprender.

Será que o mesmo não pode ocorrer com o computador? Quem pode garantir que o que acontece hoje com a matemática não acontecerá amanhã com o computador? Será que o argumento que o computador na sala de aula propiciará o desenvolvimento do raciocínio não é a mesma versão do que está acontecendo atualmente com o ensino de matemática? Não será mais uma desculpa para introduzirmos essa tecnologia na escola sem obtermos os resultados que nos propomos atingir? Antes de responder a essas questões, vale a pena entender um pouco melhor o que acontece com o ensino de matemática na escola.

O desenvolvimento do raciocínio lógico-dedutivo e a apreciação da beleza da estrutura matemática ocorre realmente com o matemático. Isso por que ele está fazendo matemática. E quando o matemático faz matemática ele está criando, raciocinando, um processo que pode ser caracterizado como:

"O matemático diz A, escreve B, pensa C, mas D é o que deveria ser. E D é de fato uma idéia esplêndida que emerge do processo de organizar a confusão." (Kline, 1973;p. 58)

O processo de fazer matemática, ou seja, pensar, raciocinar, é fruto da imaginação, intuição, "chutes" sensatos, tentativa e erro, uso de analogias, enganos e incertezas. A organização da confusão significa que o matemático desenvolveu uma sequência lógica, passível de ser comunicada ou colocada no papel. No entanto, o que o aluno faz quando faz matemática é muito diferente do processo de organização da confusão mental. Ao contrário, o fato matemático é passado ao aluno como algo consumado, pronto, que ele deve memorizar e ser capaz de aplicar em outras situações que encontrar na vida.

Como isso nem sempre acontece, o aluno fracassa e, portanto, é o responsável pelo fracasso da matemática. E essa culpa é somente do aluno. Não é da matemática, pois, mesmo sendo muito difícil, ela tem que ser passada ao aluno. Não existe outra maneira. Nem é do professor, já que este se esmera

o máximo possível em passar o conceito matemático, adota a melhor didática possível, uma aula magnífica, tudo perfeito. Portanto, se o aluno não consegue aplicar o conceito já visto na resolução de um problema então, a culpa é do aluno.

Entretanto, as razões pelas quais o aluno fracassa são diversas. Primeira, o fato de o aluno não ter construído o conceito, mas esse ter sido passado ao aluno. Nesse caso não houve a apropriação do conceito e sim a sua memorização. Segundo, mesmo que houvesse a apropriação do conceito num determinado contexto, a aplicação desse conceito em um outro contexto deve ser encarada como uma outra questão. A transferência do conhecimento não ocorre automaticamente. Enquanto o conceito é frágil, ele deve ser reconstruído no outro contexto ao invés de simplesmente reaplicado. Essa reconstrução tem a finalidade de "encorpar" o conceito, de modo que esse possa ser usado na resolução de diferentes problemas (Valente, 1993). Terceiro, o fato de o aluno não ter chance de adquirir o conceito matemático está relacionado também com a própria matemática. Os conceitos matemáticos são complicados, a notação matemática se tornou complexa, dificultando o pensamento matemático e o exercício do raciocínio.

A complexidade da notação matemática tem feito com que o ensino da matemática seja reduzido ao domínio da própria notação. A notação se tornou objeto de estudo. Com isso a matemática deixa de exercitar o raciocínio para valorizar o ensino da notação que o matemático usa para expressar o raciocínio. Assim, o aluno adquire técnicas de como resolver uma equação do primeiro ou do segundo grau e nunca o processo de "fazer matemática", ou seja, pensar sobre um problema, cuja solução pode ser expressa segundo uma equação matemática e resolvida através da técnica de resolução de equações. Ao aluno só é fornecida a segunda parte do processo. Isso porque, primeiro, é difícil o professor prever os problemas que o aluno poderá encontrar na vida e, assim, usar esses problemas como objeto de estudo. Isso faz com que o professor se limite à técnica, esperando que o aluno, no futuro, consiga aplicar essas técnicas à solução dos problemas que encontrar. Segundo, mesmo quando algum problema é utilizado, esse problema é "fabricado", no sentido de facilitar a explicação de um determinado conceito. Quando o problema não advém do aluno, é difícil fazê-lo motivar-se e interessar-se por um problema simulado que não lhe diz respeito.

A solução para evitar o ensino das técnicas matemáticas tem sido o uso de material pedagógico. O aluno manuseia um material que propicia o desenvolvimento de conceitos matemáticos. No entanto, esse tipo de atividade constitui a primeira parte do processo de fazer matemática. A solução do problema proposto pelo material pedagógico nem sempre é formalizada e expressa segundo a notação matemática. Sem essa formalização do conceito o aluno não tem a chance de sintetizar suas idéias, colocá-las no papel, compará-la com outras soluções, verificar sua validade, etc. Portanto, esse tipo de ensino também é incompleto. Ele tem a vantagem de desenvolver o raciocínio, mas não o de expressar o raciocínio segundo uma notação precisa e não ambígua.

É importante notar que o que ocorre com o ensino de matemática não é diferente do que ocorre com o ensino de outras disciplinas. Por exemplo, a disciplina de Português também é reduzida ao ensino de técnicas. Ensina-se gramática, análise léxica, sintática, etc, mas nunca a expressão do pensamento segundo a língua Portuguesa. Isso somente aconteceu quando os exames vestibulares passaram a enfatizar a comunicação do pensamento. Mesmo nesse caso, essa comunicação foi reduzida à técnica: como fazer uma descrição, uma narração, ou um conto. O conteúdo da comunicação é outra história!

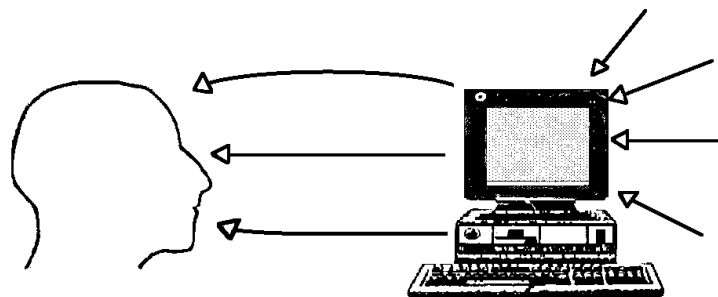
O mesmo acontece com disciplinas que não fazem parte do currículo, como por exemplo a Música. O aprendiz passa nove anos no conservatório adquirindo técnicas de domínio do instrumento e da notação musical. Pouca ou nenhuma ênfase é dada ao processo de composição de uma peça musical: a expressão de uma idéia segundo a notação musical.

Esses exemplos mostram que a razão pela qual o ensino ficou reduzido à aquisição de técnicas também está relacionado com a complexidade das diferentes notações utilizadas para representar o processo de pensamento. Isso não significa que as técnicas não tenham importância no processo de aprendizagem, mas sim, que uma coisa não deve ser explorada em detrimento da outra. Além disso, o ensino tradicional de matemática vê a técnica desvinculada do conceito, enquanto que a compreensão da técnica só ocorre quando o aluno compreender os conceitos matemáticos a que ela se refere.

Portanto, a mudança do paradigma educacional deve ser acompanhado da introdução de novas ferramentas que devem facilitar o processo de expressão do nosso pensamento. Esse é um dos papéis do computador.

O Computador na Educação

Como foi descrito no capítulo anterior, o computador pode ser usado na educação como máquina de ensinar ou como ferramenta. O uso do computador como máquina de ensinar consiste na informatização dos métodos de ensino tradicionais. Do ponto de vista pedagógico esse é o paradigma instrucionista. Alguém implementa no computador uma série de informações, que devem ser passadas ao aluno na forma de um tutorial, exercício-e-prática ou jogo. Entretanto, é muito comum encontrarmos essa abordagem sendo usada como uma abordagem construtivista, ou seja, para propiciar a construção do conhecimento na "cabeça" do aluno. Como se os conhecimentos fossem tijolos que devem ser justapostos e sobrepostos na construção de uma parede. Nesse caso, o computador tem a finalidade de facilitar a construção dessa "parede", fornecendo "tijolos" do tamanho mais adequado, em pequenas doses e de acordo com a capacidade individual de cada aluno, como pode ser ilustrado pelo esquema abaixo.



Embora, nesse caso o paradigma pedagógico ainda seja o instrucionista, esse uso do computador tem sido caracterizado, erroneamente, como construtivista, no sentido piagetiano. Piaget observou que a criança constrói a noção de certos conceitos porque ela interage com objetos do ambiente onde ela vive. Essa interação propicia o desenvolvimento de esquemas mentais e, portanto, o aprendizado. Entretanto, esse desenvolvimento é fruto do trabalho mental da criança e não de um processo de ensino ou transmissão de informação, como se essa informação fosse um "tijolo" que se agrega a outros, contribuindo para a construção de uma noção maior.

Com o objetivo de evitar essa noção errônea sobre o uso do computador na educação, Papert denominou de construcionista a abordagem pela qual o aprendiz constrói, através do computador, o seu próprio conhecimento.

O Paradigma Construcionista

A construção do conhecimento através do computador tem sido denominada por Papert de construcionismo (Papert, 1986). Ele usou esse termo para mostrar um outro nível de construção do conhecimento: a construção do conhecimento que acontece quando o aluno constrói um objeto de seu interesse, como uma obra de arte, um relato de experiência ou um programa de computador. Na noção de construcionismo de Papert existem duas idéias que contribuem para que esse tipo de construção do conhecimento seja diferente do construtivismo de Piaget. Primeiro, o aprendiz constrói alguma coisa ou seja, é o aprendizado através do fazer, do "colocar a mão na massa". Segundo, o fato de o aprendiz estar construindo algo do seu interesse e para o qual ele está bastante motivado. O envolvimento afetivo torna a aprendizagem mais significativa.

Entretanto, na minha opinião, o que contribui para a diferença entre essas duas maneiras de construir o conhecimento é a presença do computador — o fato de o aprendiz estar construindo algo através do computador (computador como ferramenta). O uso do computador requer certas ações que

são bastante efetivas no processo de construção do conhecimento. Quando o aprendiz está interagindo com o computador ele está manipulando conceitos e isso contribui para o seu desenvolvimento mental. Ele está adquirindo conceitos da mesma maneira que ele adquire conceitos quando interage com objetos do mundo, como observou Piaget. Papert denominou esse tipo de aprendizado de "aprendizado piagetiano" (Papert, 1980).

No entanto, após mais de uma década de uso do Logo com alunos do 1º e 2º graus (ver os demais artigos nesse livro) e na educação especial (Valente, 1991a), nós aprendemos por que essa interação com o computador propicia um ambiente riquíssimo e bastante efetivo do ponto de vista de construção do conhecimento. Para explicar o que acontece nessa interação com o computador vou me concentrar, inicialmente, no aspecto gráfico do Logo. Em seguida, essas idéias serão expandidas para outras modalidades de uso do computador como ferramenta 1.

Quando o aluno usa o Logo gráfico para resolver um problema, sua interação com o computador é mediada pela linguagem Logo, mais precisamente, por procedimentos definidos através da linguagem Logo de programação. Essa interação é uma atividade que consiste de uma ação de programar o computador ou de "ensinar" a Tartaruga a como produzir um gráfico na tela. O desenvolvimento dos procedimentos se inicia com uma idéia de como resolver o problema ou seja, como produzir um determinado gráfico na tela. Essa idéia é passada para a Tartaruga na forma de uma sequência de comandos do Logo. Essa atividade pode ser vista como o aluno agindo sobre o objeto "computador". Entretanto, essa ação implica na **descrição** da solução do problema através dos comandos do Logo (procedimentos Logo).

O computador, por sua vez, realiza a **execução** desses procedimentos. A Tartaruga age de acordo com cada comando, apresentando na tela um resultado na forma de um gráfico. O aluno olha para a figura que está sendo construída na tela e para o produto final e faz uma **reflexão** sobre essas informações.

¹Essa idéia são fruto de discussões e reflexões que surgiram em seminários organizados no NIED, em Agosto de 1990 e em Agosto de 1991 onde participaram os pesquisadores do NIED e os pesquisadores convidados: Edith Ackermann, Gregory Gargarian (ambos do Media Laboratory do MIT) e David Cavallo (Digital, EUA).

Esse processo de reflexão pode produzir diversos níveis de abstração, os quais, de acordo com Piaget (Piaget, 1977 e Mantoan, 1991), provocará alterações na estrutura mental do aluno. O nível de abstração mais simples é a abstração empírica, que permite ao aluno extrair informações do objeto ou das ações sobre o objeto, tais como a cor e a forma do objeto. A abstração pseudo-empírica permite ao aprendiz deduzir algum conhecimento da sua ação ou do objeto. A abstração reflexiva permite a projeção daquilo que é extraído de um nível mais baixo para um nível cognitivo mais elevado ou a reorganização desse conhecimento em termos de conhecimento prévio (abstração sobre as próprias idéias do aluno).

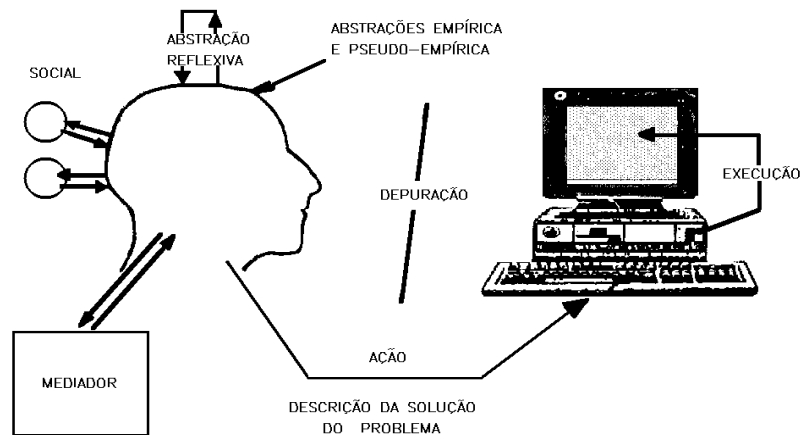
O processo de refletir sobre o resultado de um programa de computador pode acarretar uma das seguintes ações alternativas: ou o aluno não modifica o seu procedimento porque as suas idéias iniciais sobre a resolução daquele problema correspondem aos resultados apresentados pelo computador, e, então, o problema está resolvido; ou depura o procedimento quando o resultado é diferente da sua intenção original. A **depuração** pode ser em termos de alguma convenção da linguagem Logo, sobre um conceito envolvido no problema em questão (o aluno não sabe sobre ângulo), ou ainda sobre estratégias (o aluno não sabe como usar técnicas de resolução de problemas).

A atividade de depuração é facilitada pela existência do programa do computador. Esse programa é a descrição das idéias do aluno em termos de uma linguagem simples, precisa e formal. Os comandos do Logo gráfico são fáceis de serem assimilados, pois são similares aos termos que são usados no dia-a-dia. Isso minimiza a arbitrariedade das convenções da linguagem e a dificuldade na expressão das idéias em termos dos comandos da linguagem. O fato de a atividade de programação em Logo propiciar a descrição das idéias como subproduto do processo de resolver um problema, não é encontrada em nenhuma outra atividade que realizamos. No caso da interação com o computador, à medida que o aluno age sobre o objeto, ele tem, como subproduto, a descrição das idéias que suportam suas ações. Além disso, existe uma correspondência direta entre cada comando e o comportamento da Tartaruga. Essas características disponíveis no processo de programação facilitam a análise do programa de modo que o aluno possa achar seus erros (bugs). O processo de achar e

corrigir o erro constitui uma oportunidade única para o aluno aprender sobre um determinado conceito envolvido na solução do problema ou sobre estratégias de resolução de problemas. O aluno pode também usar seu programa para relacionar com seu pensamento em um nível metacognitivo. Ele pode analisar seu programa em termos de efetividade das idéias, estratégias e estilo de resolução de problema. Nesse caso, o aluno começa a pensar sobre suas próprias idéias (abstração reflexiva).

Entretanto, o processo de descrever, refletir e depurar não acontece simplesmente colocando o aluno em frente ao computador. A interação aluno-computador precisa ser mediada por um profissional que conhece Logo, tanto do ponto de vista computacional, quanto do pedagógico e do psicológico. Esse é o papel do mediador no ambiente Logo. Além disso, o aluno como um ser social, está inserido em um ambiente social que é constituído, localmente, pelo seus colegas, e globalmente, pelos pais, amigos e mesmo a sua comunidade. O aluno pode usar todos esses elementos sociais como fonte de idéias, de conhecimento ou de problemas a serem resolvidos através do uso do computador.

As ações que o aluno realiza na interação com o computador e os elementos sociais que permeiam e suportam a sua interação com o computador estão mostrados no diagrama abaixo.



Construcionismo X Construtivismo

Por quê é necessário um outro termo para definir o tipo de aprendizado que acontece no ambiente Logo ou, mais precisamente, com o Logo gráfico?

Uma das razões, como já foi mencionado anteriormente, é o fato de a interação aluno-objeto ser mediada por uma linguagem de programação. Através dessa linguagem o aluno pode descrever suas idéias, o computador pode executar essa descrição e o aluno pode depurar a sua idéia original tanto em termos de conceitos quanto de estratégias. Essas características adicionam uma outra dimensão à já conhecida interação com objetos que Piaget observou e descreveu como fonte do processo de construção do conhecimento.

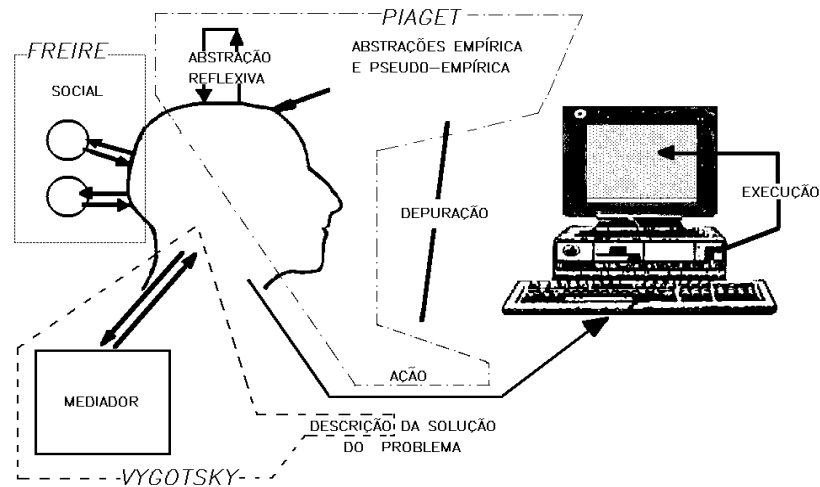
Uma outra razão é o fato de a interação aluno-computador ser mediada por um profissional que conhece Logo - o mediador. No caso dos estudos de Piaget, a criança interagindo com um objeto era observada por um experimentador cuja função era a de usar o método clínico para entender, o melhor possível, as estruturas mentais da criança. O experimentador não é professor e, portanto, ele não tem por objetivo prover ou facilitar a aprendizagem. Por outro lado, no ambiente Logo, o mediador tem que entender as idéias do aluno e tem que intervir apropriadamente na situação de modo a ser efetivo e contribuir para que o aluno compreenda o problema em questão. Assim, a atuação do mediador vai além do uso do método clínico ou da investigação sobre as estruturas mentais do aluno. O mediador tem que intervir e a questão é: como? Esse tem sido o maior desafio dos profissionais que trabalham com o Logo. Entretanto, o modelo que melhor descreve como o mediador deve atuar é fornecido por Vygotsky. Segundo esse modelo o mediador é efetivo quando ele age dentro da Zona Proximal de Desenvolvimento (ZPD), definida por Vygotsky como *"a distância entre o nível de desenvolvimento atual, determinado pela resolução de problema independente e o nível de desenvolvimento potencial determinado através da resolução de problema sob auxílio do adulto ou em colaboração com colegas mais capazes"* (Vygotsky, 1978, p. 86). Isso significa que o mediador no ambiente Logo pode usar o método clínico piagetiano ou, simplesmente, observar o aluno para determinar o nível de desenvolvimento atual e o nível potencial de desenvolvimento. Entretanto, para

que a sua intervenção seja efetiva, ele deve trabalhar dentro da ZPD. Se o mediador intervem no nível de desenvolvimento atual do aluno, o mediador está "chovendo no molhado" — o aluno já sabe o que está sendo proposto pelo mediador. Se, atuar além do nível potencial de desenvolvimento, o aluno não será capaz de entender o mediador. Certamente, a teoria da ZPD, não prescreve nenhuma receita de como o mediador deve atuar efetivamente no ambiente Logo. No entanto, ela mostra que o papel do mediador vai além do uso do método clínico piagetiano: a atividade do mediador é mais pedagógica do que psicológica (a de investigar a estrutura mental do aluno).

Finalmente, no ambiente Logo o aluno está inserido em um contexto social e não está isolado da sua comunidade. Esse contexto social pode ser utilizado como fonte de suporte intelectual e afetivo ou mesmo de problemas contextuais para serem resolvidos, como Paulo Freire sugere (Freire, 1970). O aluno pode aprender com a comunidade bem como auxiliar a comunidade a identificar problemas, resolvê-los e apresentar a solução para a comunidade. Essa é abordagem que está sendo utilizada no Projeto Gênese, relativo ao uso do computador na educação e em desenvolvimento na Secretaria de Educação do Município de São Paulo (Valente, 1992; Secretaria Municipal de Educação de São Paulo, 1992).

Assim, o suporte teórico para a atividade que acontece no ambiente Logo não advém somente de Piaget. Outras teorias contribuem para explicar os outros níveis de interação e atividades que acontecem nesse ambiente de aprendizagem. Certamente, o objetivo desse capítulo, não é fazer uma análise teórica da interação aluno-computador no ambiente Logo mas sim, mostrar que os diferentes níveis de interação e as respectivas contribuições para o desenvolvimento intelectual do aluno vão além do construtivismo piagetiano. Entretanto, é importante lembrar que dependendo do tipo de trabalho que é realizado no ambiente Logo uma ênfase maior é colocada em uma ou em outra teoria. Por exemplo, em uma atividade de uso do Logo para investigar o desenvolvimento intelectual da criança, o aspecto piagetiano é mais enfatizado. Já, em um trabalho de uso do Logo por um grupo de alunos, os aspectos sociais das teorias de Freire e de Vygotsky se tornam mais enfatizados. De uma maneira geral, o construcionismo proposto por Papert é uma tentativa de melhor caracterizar a construção do

conhecimento que acontece no ambiente Logo. A contribuição de cada uma dessas diferentes teorias é mostrada no diagrama abaixo.



Construcionismo Transcende o Logo Gráfico

As atividades que acontecem no ambiente Logo, principalmente com o Logo gráfico, são ideais para explicar o construcionismo de Papert. Entretanto, outros usos do computador como ferramenta (processamento de texto, planilhas) permitem a construção do conhecimento de acordo com a abordagem construcionista.

Como foi mencionado anteriormente, a abordagem construcionista acontece quando usamos certos aspectos do Logo, como o Logo gráfico. Os comandos da linguagem são relativamente fáceis de serem aprendidos, a descrição da resolução de problemas espaciais em termos do Logo gráfico não é complicada, o resultado da execução do computador é uma figura, o que facilita a interpretação, a reflexão e a depuração. Em outros domínios do Logo, como processamento de listas, a descrição, reflexão e depuração não são tão simples de serem realizadas como no domínio do Logo gráfico. Primeiro, a descrição de processos recursivos não é um tipo de atividade do dia-a-dia. Segundo, a execução de procedimentos recursivos no processamento de listas é opaco, tornando difícil o

acompanhamento do que o computador está realizando. No processamento de listas não existe uma entidade como a Tartaruga cujo comportamento tem uma correspondência direta com os comandos e procedimentos que estão sendo executados. Terceiro, no processamento de listas a reflexão não é auxiliada pelas ações do computador. A ausência da Tartaruga e os tipos de resultados que são obtidos como produto do processamento de listas torna difícil a interpretação do que acontece com os procedimentos e, portanto, com a descrição da resolução do problema.

Assim, não é por mero acaso que o Logo gráfico é o domínio mais conhecido e usado do Logo! Por outro lado, isso não significa que o processamento de listas seja impenetrável. A compreensão das diferentes atividades que o aluno realiza no processamento de listas e como elas contribuem na construção do conhecimento tem nos levado a desenvolver recursos computacionais cujo objetivo é facilitar a aprendizagem construcionista nesse domínio do Logo. Por exemplo, para tornar as ações do computador menos opacas, foi desenvolvido um sistema computacional que mostra essas ações à medida que os comandos e procedimentos são executados, como as alterações dos valores das variáveis, as chamadas recursivas, etc. (ver capítulo 16 desse livro).

Outras linguagens de programação podem ser analisadas segundo os mesmos critérios usados na análise do processamento de listas do Logo. O objetivo dessa análise é o de fornecer dados para verificar quando essa ferramenta facilita ou não a aprendizagem construcionista. Por exemplo, a linguagem Pascal apresenta as mesmas características do processamento de listas do Logo e, portanto, torna difícil a aprendizagem construcionista. Os comandos em Pascal são em inglês, dificultando sua assimilação; é necessário o domínio de certas estruturas de representação de dados (matrizes, listas) e de noções de algoritmo, para descrever a solução de um problema através do Pascal; os resultados da execução do programa, em geral, não são gráficos; e a depuração é bastante complicada: achar um erro em um programa escrito em Pascal é uma tarefa trabalhosa. Essas características fazem com que seja bastante difícil criar um ambiente de aprendizagem construcionista baseado no Pascal.

Com os processadores de texto as dificuldades são de outra natureza. Se nós entendemos a edição de um texto como "ensinando" o texto para o computador, nós podemos incluir os

processadores de texto no rol das ferramentas e, assim, analisá-las em termos da abordagem construcionista. Os processadores de texto atuais são bastante simples de serem utilizados e a descrição de idéias através deles é uma atividade que tem, praticamente, o mesmo grau de dificuldade apresentado no uso do lápis e papel. Entretanto, o resultado que é apresentado na tela consiste, simplesmente, da formatação do texto. O conteúdo do texto não é executado como é executado um programa escrito em Logo ou Pascal. Se o texto não é executado significa que não existe a interpretação do texto pelo computador, dificultando a verificação das idéias e como elas foram transmitidas para o computador. Para obtermos essas informações é necessário imprimir o texto, e solicitar a alguém que leia o texto e nos informe se o conteúdo do texto está claro ou não. A depuração das idéias e do texto somente poderão ser realizadas quando dispomos das informações do leitor. Mesmo nesse caso, as informações fornecidas sempre apresentam a visão do leitor e são parciais. É muito diferente do resultado oferecido pelo computador que ainda não sofre dos males que nós sofremos e não se altera quanto ao humor, disposição física e mental.

Assim, para a criação de ambientes de aprendizagem baseados no computador onde o conhecimento é construído segundo a abordagem construcionista, é necessário que o software tenha certas características que facilitem as atividades de descrição, reflexão e depuração. Nas linguagens de programação são encontradas a maior parte dessas características, embora, dependendo da linguagem de programação utilizada, nós tenhamos essas atividades mais ou menos facilitadas. Entretanto, como foi muito bem observado, a programação atualmente não precisa ser vista como a explicitação de uma idéia em termos de uma sequência de comandos de uma linguagem de computador (Ackermann, 1993). O processo de programação pode iniciar com uma idéia clara de como resolver um problema. Essa é a visão "hard" ou planejadora da atividade de programação (Turkle, 1984). Atualmente, existem ferramentas, como Paintbrush, que tornam a atividade de resolver um problema através do computador mais parecida com uma atividade de escultura. Essa é a visão "soft" de programação: a solução do problema emerge à medida que está sendo resolvido. Para tanto, à medida que as ações computacionais são selecionadas e executadas pelo computador, e satisfazem as exigências do problema, essas ações são armazenadas e, posteriormente, convertidas em um procedimento ou programa que resolve o problema em questão. Esse tipo de facilidade, incorporada às modernas

ferramentas de programação, não é diferente do que acontece quando uma criança usa o Logo Simples com a opção de gravar suas ações (Valente e Valente, 1988). À medida que a criança comanda a Tartaruga, os comandos são armazenados em uma lista que poderá ser convertida, no final da atividade, em um procedimento. O rastro deixado na forma de uma lista de comandos pode ser visto como a descrição de uma idéia e pode ser usado na reflexão e na depuração da idéia. "Mondrian", um software desenvolvido por Lieberman (1992) possui essas características. Esse software auxilia a construção de figuras quadráticas na tela bastando para isso escolher ações de um menu, através do "mouse". Essas ações são armazenadas e transformadas em um procedimento. Esse procedimento pode ser convertido em um item do menu e usado na construção de outras figuras.

Conclusões

O objetivo desse capítulo foi o de responder às questões: por quê usar o computador na educação e como ser mais efetivo do ponto de vista educacional. O argumento para responder essas questões foi o de que o computador deve ser utilizado como um catalisador de uma mudança do paradigma educacional. Um novo paradigma que promove a aprendizagem ao invés do ensino, que coloca o controle do processo de aprendizagem nas mãos do aprendiz, e que auxilia o professor a entender que a educação não é somente a transferência de conhecimento, mas um processo de construção do conhecimento pelo aluno, como produto do seu próprio engajamento intelectual ou do aluno como um todo. O que está sendo proposto é uma nova abordagem educacional que muda o paradigma pedagógico do instrucionismo para o construcionismo. O objetivo da introdução do computador na educação não deve ser o modismo ou estar atualizado com relação às inovações tecnológicas. Esse tipo de argumentação tem levado a uma sub-utilização do potencial do computador que, além de economicamente dispendiosa, traz poucos benefícios para o desenvolvimento intelectual do aluno.

Entretanto, a nova questão que se coloca é: como conseguir essa mudança? Parece que o sistema educacional, como um todo, resiste a essas mudanças. Existe uma tendência de se manter o paradigma instrucionista por razões de ordem histórica — foi assim que fomos educados é assim que devemos educar — ou pela falta de entendimento do que significa aprender ou ainda pela falta de experiência acumulada que possa comprovar a efetividade educacional do paradigma construcionista. Por outro lado, a análise dos resultados do paradigma instrucionista são desoladores: provocamos o êxodo do aluno da escola ou produzimos um educando obsoleto. Os que abandonam a escola engordam a fileira dos fracassados, dos que não conseguem aprender. Os obsoletos não conseguem acompanhar o desenvolvimento atual da sociedade, mais especificamente, não estão preparados para trabalhar no novo sistema de produção ou serviço que está emergindo na sociedade atual — sistema enxuto de produção de bens e de serviços. Esse sistema elimina excessos de estoques e perdas, e demanda um trabalhador ativo, criativo e capaz de participar do processo de produção ao invés de ser um executor de ordens, como é mencionado no Capítulo 14 desse livro.

A falta de preparo para atuar na sociedade ou nos sistemas mais modernos de produção tem levado os profissionais a procurarem cursos sobre criatividade ou sobre o desenvolvimento da capacidade de pensar. Entretanto, esses cursos podem ser caracterizados como uma tentativa de transmitir uma série de técnicas de como ser criativo ou como pensar corretamente. Irônico! E não há outra maneira de ser. A capacidade de criar e de pensar não se constrói do dia para a noite. O desenvolvimento dessas habilidades é um processo longo que deve iniciar desde os primeiros dias de vida. De fato, como mostrou Piaget, ele inicia no momento do nascimento e prossegue até entrarmos na escola. É durante esse período que aprendemos a andar, falar e os princípios de matemática ou mesmo de ciência. Isso, sem sermos formalmente ensinados, fruto somente do aprendizado piagetiano, como denominou Papert. A escola e o paradigma instrucionista castram essa nossa habilidade de aprender sem ser ensinado e com isso nossa habilidade de criar e de pensar. Quando o adulto necessitar dessas habilidades seria ingênuo pensar que elas poderiam ser adquiridas como se adquire itens de um supermercado.

No entanto, a mudança de paradigma educacional deve ser vista com algo que vai além da vontade política e econômica. Ela deve ser acompanhada da inclusão de ferramentas que permitam a implementação do paradigma construcionista. Os diferentes domínios da ciência estão cada vez mais sofisticados, exigindo notações e meios de expressão dos fenômenos desses domínios cada vez mais complicados e difíceis de serem assimilados. Como foi mostrado ao longo desse capítulo, essa dificuldade impossibilita o "fazer matemática" ou o "fazer música". É necessário usar uma ferramenta que facilite a expressão do raciocínio e a reflexão e a depuração do mesmo. O computador pode ser essa ferramenta.

Entretanto, o computador para ser efetivo no processo de desenvolvimento da capacidade de criar e pensar não pode ser inserido na educação como uma máquina de ensinar. Essa seria a informatização do paradigma instrucionista. O computador no paradigma construcionista deve ser usado como uma ferramenta que facilita a descrição, a reflexão e a depuração de idéias. Isso é conseguido quando o computador é usado na atividade de programação e, ainda mais efetivamente, quando a linguagem de programação apresenta as características do Logo gráfico.

Felizmente, no Brasil e em outros países da América Latina, diversos projetos relativos ao uso do computador na educação têm adotado a linguagem Logo e, procuram com isso, criar as condições para uma mudança de paradigma educacional. Por exemplo, o projeto de uso de computadores na educação na Costa Rica e na Venezuela (Valente, 1991), o Projeto Gênese na cidade de São Paulo (Valente, 1992; Secretaria Municipal de Educação de São Paulo, 1992) e os projetos de uso do Logo na educação especial em mais de 50 centros na América Latina (Valente, 1991a).

Além desses exemplos, cada vez mais, os esforços dos centros de pesquisa e dos centros formadores de professores devem ser na direção de promover a utilização do computador segundo o paradigma construcionista. Com isso estaremos aumentando nossa esperança de ter o computador usado segundo esse paradigma, ao invés do instrucionista, como está acontecendo com a maior parte dos países desenvolvidos. Se essa mudança de paradigma realmente for feita estaremos antecipando uma mudança que contribuirá para a nossa sobrevivência. O planeta não suporta mais o nível de

produção que atingimos e os gastos e perdas de recursos naturais que ela acarreta. É necessário um outro método de produção de bens e de serviços, mais econômico, mais eficiente, com menos excessos e onde trabalhem profissionais capazes de criarem e pensarem. É para formar esse novo profissional que a mudança de paradigma educacional é necessária. Caso contrário, o tempo dirá.

Referências Bibliográficas

- Ackermann, E. (1993) Comunicação Pessoal durante "The 10th International Conference on Technology and Education", Cambridge, Massachusetts.
- Câmara de Comércio Brasil-Estados Unidos (1993) Estudo para a Melhoria da Qualidade da Educação. São Paulo.
- Freire, P. (1970) *Pedagogy of the Oppressed*. The Seabury Press, New York.
- Kline, M. (1973) *Why Johnny Can't Add: the failure of the new math*. Vintage Books, New York.
- Lieberman, H. (1992) Mondrian: A Teachable Graphical Editor. Artigo não publicado. Visible Language Workshop, Massachusetts Institute of Technology Media Laboratory, Massachusetts.
- Mantoan, M. T. E. (1991) O Processo de Conhecimento - tipos de abstração e tomada de Consciência. NIED-Memo, Campinas, São Paulo(no prelo)
- Papert, S. (1986) Constructionism: A New Opportunity for Elementary Science Education. A proposal to the National Science Foundation, Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and Learning Group, Cambridge, Massachusetts.
- Papert, S. (1980) *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*. Basic Books, New York. Traduzido para o Português em 1985, como *Logo: Computadores e Educação*, Editora Brasiliense, São Paulo.
- Piaget, J. (1977) *Recherches sur L'abstraction Réfléchissante*. Études d'épistemologie génétique. PUF,tome 2, Paris.
- Secretaria Municipal de Educação de São Paulo (1992) Projeto Gênese - A Informática Chega ao Aluno da Escola Pública Municipal. Relatório Técnico. Prefeitura do Município de São Paulo, São Paulo.
- Turkle, S. (1984) *The Second Self: Computers and the Human Spirit*. Simon and Schuster, New York.
- Valente, A.B. (1993) A Intransigência da Transferência de Conhecimento. A ser publicado na *Acesso*, FDE, São Paulo.
- Valente, J.A (1992) Logo and Freire's Educational Paradigm. *Logo Exchange*, 11 (1) 39-43. International Society for Technology in Education, Oregon.
- Valente, J.A (1991) Report from Latin America. *Logo Exchange*, 10 (2) 43-45. International Society for Technology in Education, Oregon.
- Valente, J.A. org. (1991a) *Liberando a Mente: Computadores na Educação Especial*. Gráfica da UNICAMP, Campinas, São Paulo.
- Valente, J.A e Valente, A.B. (1988) *Logo: Conceitos, Aplicações e Projetos*. Editora McGraw-Hill, São Paulo.
- Vygotsky, L.S. (1978) *Mind in Society: the development of higher psychological processes*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.