

NOVAS TECNOLOGIAS E CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO: REFLEXÕES E PERSPECTIVAS

Marcus Vinicius Maltempi*
UNESP - Universidade Estadual Paulista

Resumo

Neste artigo trato do uso das tecnologias da informação e comunicação na educação, considerando uma abordagem de construção de conhecimento. Nesse sentido, apresento a teoria educacional construcionista, e os pressupostos epistemológicos que a justificam, e também a idéia da espiral de aprendizagem. Sobre esse referencial faço algumas reflexões e apresento duas pesquisas realizadas em escolas brasileiras, com alunos de 5^a e 6^a séries do ensino fundamental, cujos resultados trazem novas contribuições a esse referencial e podem ser utilizados em futuras pesquisas envolvendo tecnologias e Educação Matemática.

1. INTRODUÇÃO

Desde a invenção dos primeiros computadores eletrônicos, em meados do século passado, pesquisa-se a utilização desses na educação. Naquela época grande parte da população vivia em uma sociedade baseada na produção em massa, com uma educação pautada no ensino, na transmissão de informações do professor para o aluno, na qual aprender era sinônimo de memorizar, somente. Dessa forma, em sintonia com a sociedade, as primeiras iniciativas de unir informática e educação visavam transformar o computador em máquina de ensinar, “transmissora de conhecimentos”¹. Nos últimos

* Professor do Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computação e do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática. Membro do Grupo de Pesquisa em Informática, outras Mídias e Educação Matemática (GPIMEM). Rio Claro, SP, Brasil. E-mail: maltempi@rc.unesp.br

¹ Como será apresentado, não acredito que conhecimento possa ser transmitido, pois não é passível de ser recebido pronto. Ele é construído a partir de experiências anteriores e do contato com o mundo, necessitando, portanto, ser (re)feito por cada indivíduo.

30 anos assistimos a uma revolução tecnológica que se propagou por toda sociedade, influenciando a maneira de ser, viver, fazer e aprender da maioria das pessoas, de modo que ter a tecnologia a serviço da transmissão de conhecimentos não é mais suficiente.

Assim, novas abordagens de uso da informática na educação, em sintonia com as novas demandas da sociedade (denominada Sociedade do Conhecimento), foram e estão sendo pesquisadas. Dentre estas, tenho pesquisado o Construcionismo, desenvolvido por Seymour Papert, influenciado pelas idéias construtivistas de Jean Piaget e, a meu ver, pelas idéias de John Dewey relativas ao desenvolvimento de projetos. No Brasil, Valente (2002) traz contribuições significativas ao Construcionismo ao propor uma espiral de aprendizagem como modelo da interação do aprendiz com o ambiente Logo² de programação de computadores, a qual pode ser empregada em outros ambientes.

A partir desse referencial, meu objetivo é apresentar reflexões sobre o Construcionismo e a espiral de aprendizagem, expandindo algumas idéias, baseado em dois estudos realizados em escolas brasileiras. Dessa forma, procuro mostrar a relevância desse referencial para a Educação Matemática, contribuindo também com idéias para futuras pesquisas nessa área.

2. CONSTRUCIONISMO E ESPIRAL DE APRENDIZAGEM

O Construcionismo é uma teoria educacional (ou de aprendizagem) desenvolvida pelo matemático Seymour Papert, que se baseia, principalmente, na teoria epistemológica desenvolvida por Jean Piaget, a qual procura explicar o que é conhecimento e como ele é desenvolvido pelas pessoas em diferentes momentos de suas vidas. De acordo com Piaget, as pessoas *constroem* conhecimento na medida em que agem sobre o objeto de conhecimento (uma coisa, uma idéia ou uma pessoa) e sofrem uma ação deste objeto.

Papert utilizou os resultados de Piaget para repensar a educação, ou seja, valeu-se de uma teoria epistemológica para elaborar uma teoria educacional – o que é bastante coerente, pois pensar sobre educação depende das concepções que se tem sobre conhecimento, embora muitas vezes isso seja relegado por educadores. Dessa forma, assumindo que o conhecimento é ativamente construído pelas pessoas, Papert (1986)

² Linguagem de programação idealizada por Papert, sobre a qual várias idéias construcionistas foram desenvolvidas e podem ser amplamente exploradas. Para mais detalhes veja Papert (1985).

propõe que educar consiste em criar situações para que os aprendizes se engajem em atividades que alimentem este processo construtivo.

Educar, portanto, é principalmente dar condições para que os alunos construam, mas não se resume a isso. O Construcionismo postula que o aprendizado ocorre especialmente quando o aprendiz está engajado em construir um *produto* de significado pessoal (por exemplo, um poema, uma maquete ou um *website*), que possa ser mostrado a outras pessoas. Portanto, ao conceito de que se aprende melhor fazendo, o Construcionismo acrescenta: aprende-se melhor ainda quando se gosta, pensa e conversa sobre o que se faz.

Dessa forma, ao trabalhar segundo as idéias construcionistas dois tipos de construção ocorrem, e mutuamente se reforçam, pois o aprendiz ao construir um produto no mundo está, simultaneamente, construindo conhecimento em sua cabeça. Este novo conhecimento o possibilita a construir produtos mais sofisticados, que o levam a novos conhecimentos, e assim por diante.

Considerando, portanto, o que foi apresentado, podemos concluir que as idéias construcionistas sugerem uma forte relação entre projetar e aprender, e daí a influência das idéias de Dewey podem ser notadas, conforme explicitarei adiante. Essa relação torna-se óbvia quando analisamos as características que cercam um projeto e as comparamos com as idéias construcionistas.

A elaboração de um projeto envolve a construção de artefatos que podem ser concretos ou abstratos (uma escultura, uma tese, um programa de computador). Esses artefatos são frutos de idéias e do meio usado para expressá-las e materializá-las – justamente o que fazemos quando resolvemos um problema do dia-a-dia – e favorecem o diálogo e a troca de idéias, pois são estimulados pela presença do artefato que está sendo desenvolvido. Além disso, a relação aprendiz-artefato é facilitada e fortalecida pelo fato do aprendiz ser o agente criador do artefato.

O resultado de uma atividade de projeto depende do meio, não é único, e pode variar de acordo com o projetista, ou seja, segundo os critérios que ele definiu como sendo uma solução satisfatória. Assim, o que pode ser uma ótima solução para um indivíduo, para outro a mesma solução pode não satisfazer. Essa característica, associada à importância do diálogo com o aluno, e o respeito à autonomia e idéias deste, indicam que dentro desta abordagem o aluno deve ser respeitado em seu estilo,

preferências e ritmo de aprendizagem, o que é muito relevante, pois seria um erro assumir que todos os alunos são iguais.

Segundo Valente (2003), a educação baseada no desenvolvimento de projetos foi proposta por John Dewey no início do século passado, como parte da concepção da escola progressiva. Para Dewey (1979), o projeto deve ser de interesse do aluno, ter valores intrínsecos (não triviais), ser capaz de despertar a curiosidade e obrigar a busca de novas informações, e poder se prolongar por um determinado tempo, tornando possível a passagem para outros domínios do conhecimento. Neste contexto, assim como no Construcionismo, embora não enfatizado por Papert inicialmente, o papel do professor é fundamental, organizando as interações do aluno com o meio (físico e social) e problematizando as situações de modo a favorecer a aprendizagem por parte do aluno.

É interessante notar que dentro da idéia de teoria educacional apresentada até o momento, o papel da tecnologia não foi ressaltado, o que me permite afirmar que o Construcionismo prescinde o computador, embora, como veremos a seguir, ele viabilize muitas das idéias construcionistas.

Construcionismo e Tecnologia

A partir da observação de alunos compenetrados em construir esculturas em pedrasabão, em uma disciplina de Artes, Papert começou a se questionar o porquê das aulas de Matemática serem tão diferentes dessas e, entre outras coisas, concluiu que para alterar este quadro teria de trabalhar com mídias mais sofisticadas e poderosas do que as empregadas até então. Mídias estas que priorizassem a interação dos alunos com objetos e a realização de projetos que fossem ricos em termos de mobilizar o potencial de aprendizagem dos estudantes.

Assim, influenciado pelos trabalhos que realizou em Genebra, ao lado de Piaget, e pelos conceitos da Inteligência Artificial que floresciam no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), Papert deu início na década de 60 ao desenvolvimento da linguagem Logo de programação, a qual possibilita ao aprendiz usar a Matemática como um material para criar figuras, animações, jogos e simulações no computador, entre outras coisas. O computador torna-se, então, uma ferramenta viabilizadora de ambientes de aprendizagem, no qual as idéias construcionistas podem ser amplamente exploradas.

A importância do computador e das novas tecnologias para a educação está ampliada atualmente, pois num mundo globalizado e cada vez mais complexo, embora haja muito mais o que se aprender, há muito mais e melhores maneiras de se aprender, graças às novas tecnologias. A respeito disso, Papert pondera que

[...] tecnologia não é a solução, é somente um instrumento. Logo, a tecnologia por si não implica em uma boa educação, mas a falta de tecnologia automaticamente implica em uma má educação (2001, p.2).

Nesse sentido, o desenvolvimento de novas tecnologias e a utilização delas nas escolas é fundamental. No Brasil está em andamento o projeto TIDIA³ (Tecnologia da Informação no Desenvolvimento da Internet Avançada), do qual faço parte da equipe do subprojeto de aprendizado eletrônico (TIDIA-Ae), o qual tem como objetivo estimular a pesquisa e o desenvolvimento na área de tecnologia da informação voltada para especificação, projeto e implementação de ferramentas para uso na área de educação a distância, tendo como premissa a disponibilidade de uma Internet de alto desempenho (na ordem de gigabytes/segundo). Este é um exemplo entre várias iniciativas de grande porte que tem ocorrido no Brasil nos últimos anos, no caso, voltado para a educação a distância, a qual tem crescido em importância ultimamente e sobre a qual as idéias construcionistas já vêm sendo exploradas.

Espiral de Aprendizagem

Acredito que a razão de o Construcionismo propor que os aprendizes construam produtos, que possam ser mostrados a outras pessoas e sobre os quais se possa conversar, se baseia na concepção de que dessa forma o aprendiz pode *explicitar* suas idéias e gerar um registro de seus pensamentos, os quais podem ser utilizados para se construir novos conhecimentos. É justamente por este motivo que a programação de computadores, especialmente em Logo, é um dos aspectos mais enfatizados pelos construcionistas, pois possibilita visualizar e manipular as estratégias e idéias (o meta-processo) empregadas na solução de um problema. A atividade cognitiva de um aprendiz ao programar o computador pode ser representada por uma espiral, formada pelas ações de *descrição-execução-reflexão-depuração*, que auxilia o entendimento de como se dá o processo de construção de conhecimento (VALENTE, 2002).

³ Mais detalhes em <http://www.tidia.fapesp.br/portal>

A ação de *descrição* corresponde à explicitação das idéias, conceitos e estratégias que o aprendiz usa para elaborar seu programa (projeto), e oferece ao professor a oportunidade de “ver” o processo de raciocínio do aluno e entender o que está sendo feito, os problemas conceituais etc. Ao aluno, a oportunidade de “testar” suas idéias e concepções é ampliada quando o computador realiza a *execução* do programa, apresentando o resultado da mesma. A resposta dada pelo computador é fiel e imediata, oferecendo ao aluno a possibilidade de confrontar suas idéias originais com o resultado obtido, iniciando assim um processo de *reflexão* e de tomada de consciência sobre o que ele sabe ou não. Quando o resultado fornecido pelo computador não corresponde ao esperado, o aprendiz necessita *depurar* o programa (*debugging*), ou seja, rever o processo de representação da solução do problema (suas idéias). Valente (2002) mostra que os diferentes níveis de abstração que ocorrem na reflexão e na depuração permitem ao aluno coordenar e construir novos conhecimentos, contribuindo para que a aprendizagem cresça na forma de uma espiral, pois a depuração leva a uma nova descrição, diferente da anterior.

Embora tenha sido concebida a partir da programação de computadores, esta espiral não se restringe a ela e pode ser explorada em outras atividades, em especial naquelas que fazem uso das tecnologias da informação e comunicação (TICs), conforme mostro a seguir. Isso se torna fundamental atualmente, devido a crescente oportunidade oferecida pelas TICs à educação. Nesse sentido, na próxima seção apresento dois estudos realizados que fazem uso, ilustram e trazem nova luz às idéias que apresentei até aqui.

3. ESTUDOS REALIZADOS

As ações de descrição e execução podem ser prejudicadas, empobrecidas, quando o projeto que o aluno está desenvolvendo não envolve a programação, trazendo efeitos similares para as fases de reflexão e depuração. Essa situação e a forma de contorná-la, podem ser entendidas nos dois estudos apresentados a seguir, os quais foram desenvolvidos segundo uma abordagem qualitativa de pesquisa: o primeiro trata da produção de *websites* e o segundo de jogos eletrônicos (chamarei-os, respectivamente, de Estudo1 e Estudo2).

O Estudo1, que envolveu a produção de *websites* sobre temas diversos, foi realizado ao longo de nove semanas em uma escola com alunos de 5^a e 6^a série do ensino fundamental (alunos com média de idade de 11 e 12 anos, respectivamente). Nesta pesquisa foi criado um ambiente de aprendizagem construcionista que tinha por contexto a criação de páginas Web, que é uma atividade que impõe restrições tanto a ação de descrição quanto a de execução, pois diferentemente da programação, o aluno não necessita descrever todas as suas idéias sobre o *design* da página enquanto seleciona uma determinada informação ou a mídia na qual ela será apresentada, e o computador executa a seqüência de informações, não as informações.

Assim, um dos objetivos do Estudo1 foi o de criar situações que estimulassem a depuração por parte dos alunos, o que foi conseguido com a realização de atividades que favorecessem e enriquecessem a descrição e a execução. Atividades estas que incluíram, entre outras, a elaboração de relatórios e a apresentação dos trabalhos em andamento. Em outro artigo (MALTEMPI, 2004) detalho e analiso essas atividades de estímulo à depuração. O que quero ressaltar aqui é que este estudo mostrou ser possível trabalhar a idéia da espiral de aprendizagem em outros contextos, que não a programação, e indica caminhos de como isso pode ser feito.

O Estudo2, que envolveu a produção de jogos eletrônicos, foi desenvolvido em uma escola pública com oito alunos da 6^a série do ensino fundamental (média de 12 anos de idade), ao longo de quatro meses. Estes alunos se dividiram em dois grupos e criaram dois jogos sobre o tema Números Inteiros – conteúdo que ainda não haviam trabalhado de maneira formal na disciplina de Matemática (o relato detalhado sobre esse estudo pode ser encontrado no trabalho de mestrado realizado por Maurício Rosa (ROSA, 2004)). Os jogos eram do tipo RPG (*Role Playing Game*), modalidade de jogo que se utiliza da representatividade como fator determinante. A interpretação das personagens e a construção dos arquétipos, no sentido psicológico das mesmas, são práticas existentes neste jogo. O software RPG Maker foi utilizado pelos alunos para a construção dos jogos (ROSA e MALTEMPI, 2003), segundo uma metodologia detalhada por nós em outro artigo (MALTEMPI e ROSA, 2004).

Dois resultados do Estudo2 quero ressaltar aqui: o primeiro trata da seqüencialidade sugerida pela espiral de aprendizagem, com relação à ocorrência das ações de descrição, execução, reflexão e depuração. Notamos que essa seqüencialidade

não ocorria, mesmo conseguindo identificar todas as ações de maneira particular (após isso, percebemos que tal fato também ocorreu no Estudo1). A explicação que temos para isso apóia-se no estilo das atividades (construção de páginas Web e jogos) e no trabalho dos alunos realizado em grupos, o que faz com que as ações da espiral fiquem, principalmente, apoiadas na oralidade e na memória de cada aluno e professor. Tal fato faz aumentar a importância do *diálogo* entre aqueles que fazem parte do ambiente de aprendizagem, o que também é um ponto muito valorizado por Dewey. Por isso, colaborando com a idéia de espiral dada por Valente, criamos a expressão *turbilhão de aprendizagem*, uma vez que tal vocábulo nos permite atribuir um significado ao movimento de ações que auxiliam na aprendizagem, no qual não existe um único sentido, mas variadas situações e ações ocorrendo ao mesmo tempo, sem que aconteça uma ordem muito explícita.

O segundo resultado que quero ressaltar do Estudo2 trata de uma situação, associada à depuração, que ocorreu após a construção dos jogos – os grupos de alunos construtores aplicaram seus jogos aos outros 28 alunos da turma da 6ª série, os quais puderam, portanto, jogar um jogo eletrônico educativo sobre Números Inteiros. A ação de depuração tem sua origem no erro, e este está intimamente relacionado com a construção de conhecimento, pois atua como um motor que desequilibra e leva o aprendiz a procurar conceitos e estratégias para melhorar o que já conhece. Em minhas pesquisas, até então, via esse erro como algo pessoal, originado pelo aluno ao explicitar suas idéias e, por isso mesmo, ele estaria mais engajado em depurá-lo. Entretanto, no caso do jogo, vimos alunos engajados em depurar o erro de outrem, colocado propositalmente no jogo para isso ocorrer. Tal fato tem sua explicação na motivação que os jogos despertam e no grande interesse que a maioria dos alunos tem por vencer seus obstáculos. Considero esse fato bastante relevante por estar relacionado à ação de depuração, sendo algo diretamente ligado ao ambiente lúdico.

Por fim, quero chamar a atenção para o fato de que nos Estudo1 e Estudo2 os alunos não “simplesmente” navegaram na Internet ou jogaram RPG eletrônico, embora isso também possa ser muito relevante, mas, em sintonia com as idéias construcionistas, optamos por colocá-los na posição de *designers* e obtivemos bons resultados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora não tenha tratado com o devido valor, por não ser objetivo deste artigo, é importante dizer que não subestimo a relevância do professor em todos os aspectos abordados aqui. O professor é fundamental, e seu papel pode ser entendido a partir da seguinte síntese: considerando a teoria epistemológica de Piaget, que diz que a aprendizagem se dá a partir das ações que o aprendiz exerce/sofre sobre/de objetos, então o papel do professor deve ser o de organizar as interações do aprendiz com o meio e problematizar as situações de modo a propiciar a construção de conhecimento; por sua vez, considerando a teoria educacional construcionista, temos que esse meio é formado por tecnologia e desenvolvimento de projetos de significado pessoal. Acrescento a essa visão, baseado nos estudos realizados, que esse meio também é formado por outras pessoas, além do aluno e professor, e que ter consciência da idéia do turbilhão de aprendizagem pode auxiliar o professor a exercer seu papel.

O Construcionismo nos auxilia a acompanhar as inovações tecnológicas com mais segurança, pois o impacto da velocidade com que elas acontecem é mitigado quando temos um norte sobre o qual podemos nos basear para analisá-las. Embora isso não seja objetivo do Construcionismo, considero essa possibilidade muito relevante, pois muitas vezes encontramos educadores que se sentem desorientados, e até mesmo oprimidos, devido ao rápido desenvolvimento tecnológico e a necessidade que eles têm de utilizar as TICs no ambiente de aprendizagem.

A experiência de trabalhar com jogos (Estudo2) segundo a abordagem construcionista mostrou-se promissora e requer novas pesquisas. Colocar os alunos para construir projetos utilizando tecnologia, assumindo o papel de *designers*, é o que tenho feito ultimamente na área de Educação Matemática, muitas vezes contrariando o que a maioria acha mais “natural”, que seria o aluno ser apenas usuário. Pretendo continuar nessa linha de pesquisa. Entretanto, em se tratando de jogos eletrônicos, atualmente encontramos alguns que contêm mais conhecimento do que qualquer currículo escolar e, no entanto, muitos alunos conseguem jogá-los. Ou seja, esses jogos conseguem mobilizar o potencial de aprendizagem dos alunos. Esse fato também é um chamamento para novas pesquisas.

Por fim, retomando o que eu queria alcançar com esse texto, espero haver mostrado que a teoria construcionista e a idéia de turbilhão de aprendizagem podem ser

muito úteis na integração da Educação Matemática com as novas tecnologias. Ao falar de meu próprio trabalho, os estudos realizados, espero haver oferecido reflexões sobre esse referencial e exemplos de como trabalhar o Construcionismo para o desenvolvimento da Educação Matemática em sala de aula, por meio das TICs.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Adriana Richit, Maurício Rosa e Simone Silva Gouvea, pela leitura atenta e sugestões realizadas durante a elaboração deste artigo. Este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e Fundação para o Desenvolvimento da Unesp (Fundunesp).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEWEY, J. *Como pensamos: como se relaciona o pensamento reflexivo com o processo educativo: uma reexposição*. São Paulo: Editora Nacional, 1979.

MALTEMPI, M. V. Construcionismo: pano de fundo para pesquisas em informática aplicada à educação matemática In: BICUDO, M. A. V.; M. C. BORBA (Orgs.). *Educação Matemática: pesquisa em movimento*. São Paulo: Cortez, p. 264-282, 2004.

MALTEMPI, M.V.; ROSA, M. Learning Vortex, Games and Technologies: a new approach to the teaching of mathematics In: *10th International Congress on Mathematical Education (ICME)*, TSG14, Copenhagen, 2004.

PAPERT, S. *Logo: computadores e educação*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1985. Publicado originalmente sob o título de *Mindstorms: children, computers and powerful ideas*. New York: Basic Books, 1980.

PAPERT, S. *Constructionism: a new opportunity for elementary science education*. Massachusetts Institute of Technology, The Epistemology and Learning Group. Proposta para a National Science Foundation, 1986.

PAPERT, S. Education for the knowledge society: a Russia-oriented perspective on technology and school. *IITE Newsletter*. UNESCO, N^o. 1, janeiro-março 2001.

ROSA, M. *Role Playing Game Eletrônico: uma tecnologia lúdica para aprender e ensinar matemática*. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – UNESP, Rio Claro, 2004.

ROSA, M.; MALTEMPI, M. V. RPG Maker: uma proposta para unir jogo, informática e educação matemática. In: *II Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática (SIPEM)*. Anais, Santos: SBEM, 2003.

VALENTE, J. A. A espiral da aprendizagem e as tecnologias da informação e comunicação: repensando conceitos. In: JOLY, M.C.R.A. (Ed.). *A tecnologia no ensino: implicações para a aprendizagem*. São Paulo: Casa do Psicólogo Editora, 2002.

VALENTE, J. A. Desenvolvendo projetos usando as tecnologias da informação e comunicação: criando oportunidades para construção de conhecimento. *Teoria e Prática da Educação* (edição especial). Maringá, **6**(14): 407-422, 2003.