

TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO: DA INFORMATIZAÇÃO À ROBÓTICA EDUCACIONAL

Cristiane Pelisolli Cabral¹

RESUMO

O artigo pretende apresentar um breve histórico da inserção das tecnologias no meio escolar, em que se destacam os computadores. Tal inserção possibilitou a abertura de um leque de possibilidades para o professor integrar a tecnologia e a educação. Entre essas possibilidades destaca-se a Robótica Educacional como ferramenta para integrar a construção de objetos e programação possibilitada pelos softwares e computadores. Além disso, o artigo pretende discutir os encaminhamentos possíveis para uma aula de Robótica Educacional a partir de uma perspectiva construcionista. Para isso, busca-se embasamento teórico em Papert e Valente para discutir e teorizar a prática de uma professora de Robótica Educacional da RME / Porto Alegre – RS.

Palavras-Chave: Tecnologia Educacional; Robótica Educacional; Aprendizagem.

Estamos em um período em que as tecnologias, entre elas os computadores, estão bem mais acessíveis ao meio educacional² do que há algumas décadas. O histórico da Informática na Educação, no Brasil, nos mostra que há um esforço, desde a década de 1980, para integrar a informática e a educação. Segundo Moraes (2000), as ações políticas iniciais começaram entre as décadas de 1980 e 1990, quando o Ministério da Educação (MEC) lançou os projetos EDUCOM e PROINFO. O Projeto Brasileiro de Informática na Educação (EDUCOM), aprovado pelo MEC em julho de 1983, tinha como objetivo realizar estudos e experiências na área, formar recursos humanos para o ensino, além de pesquisar e criar programas de informática através de equipes multidisciplinares. As universidades brasileiras Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

¹ Professora de Robótica Educacional na RME / Porto Alegre – RS, Pedagoga e Mestre em Educação.

² Das 53 escolas de Ensino Fundamental, da RME/Porto Alegre, 52 possuem Laboratório de Informática.

foram escolhidas, através de suas propostas, para criar equipes multidisciplinares, nos centros pilotos, para o desenvolvimento dos estudos de Informática na Educação.

Também o Programa Nacional de Informática na Educação (PROINFO) foi uma iniciativa do MEC, em 1997, por meio da Secretaria de Educação a Distância (SEED), que promoveu parceria com os governos estaduais e alguns municipais. Com o programa, foi criada uma Comissão Estadual de Informática na Educação em cada unidade da federação, cujo papel principal era o de introduzir as Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's) nas escolas públicas de Ensino Médio e Fundamental, principalmente através da compra de computadores para uso nas escolas. Com os projetos EDUCOM e PROINFO, observa-se a intenção do governo brasileiro de institucionalização de uma política de Informática na Educação, na medida em que promove a compra de equipamentos e investe nos estudos para a qualificação do uso dessa tecnologia.

A legislação educacional brasileira, que foi reelaborada na década de 1990, também buscou ressaltar o uso das tecnologias em educação através da Lei de Diretrizes e Bases (LDB), passando pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) até os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). O último indica, entre os objetivos gerais do Ensino Fundamental, que os alunos sejam capazes de: “Saber utilizar diferentes fontes de informação e recursos tecnológicos para adquirir e construir conhecimentos”. (BRASIL, 1997).

A educação escolar se concretiza, principalmente, por meio de um currículo, desenvolvido em sala de aula e em outros espaços escolares, em meio a múltiplas atividades, nas diferentes áreas do conhecimento. Nas suas atividades diárias, o professor poderá ou não incluir o uso das tecnologias como recurso para ensinar ou como objeto para aprender. Isso dependerá do interesse e da necessidade do professor com relação ao uso da tecnologia na educação. O objetivo do PCN para o Ensino Fundamental, citado anteriormente, nos remete às possibilidades de uso que tecnologias, como os computadores, carregam. Eles podem ser usados para “adquirir” (receber) conhecimento ou para “construir” conhecimento.

O uso da tecnologia no meio escolar parece um caminho sem volta. Superado o momento de chegada das máquinas, agora é o momento de pensar sobre o uso pedagógico que se faz dela. À medida que dispõe do material, os professores fazem uso da maneira que

acreditam ser adequado. Observo que algumas escolas possuem uma sala de informática, mas que nem sempre é usada, por não possuir um monitor ou professor especializado para atuar no ambiente. Dessa forma, a informática é entendida como algo desvinculado das atividades realizadas em sala de aula, algo que deve ser desenvolvido por outro educador sem vínculo com o assunto estudado pela turma. Muitas vezes, o professor da disciplina possui pouco ou nenhum conhecimento sobre o uso dos computadores, o que limita ainda mais a integração do seu planejamento com atividades envolvendo informática.

Nesse sentido, considero importante resgatar os usos que se fizeram da tecnologia no meio escolar, mas que ainda hoje ocorrem nesse meio, talvez por influência desse histórico inicial. É possível afirmar que o uso de artefatos tecnológicos, no meio educacional, iniciou com a “Máquina de Ensinar” de B.F. Skinner³ e seu decorrente “estudo programado”, nas décadas de 1950-60. Este pesquisador norte-americano, professor de Psicologia, construiu uma máquina objetivando ensinar crianças e adultos em idade escolar.

A máquina consistia em uma espécie de caixa, onde, em um espaço vazado, aparecia uma pergunta para o estudante e, ao lado, em outro pequeno espaço, ele deveria marcar a resposta que considerasse correta. Geralmente, era um símbolo ou palavra que completava a questão. Depois de escrever a resposta, o estudante girava o rolo da máquina e lia imediatamente a resposta correta. Para a “metodologia da instrução” ou “estudo programado”, o conhecimento deveria ser imediato e os erros eram considerados indesejáveis e deveriam ser rapidamente eliminados. Além disso, o criador da “Máquina de Ensinar” dizia respeitar o tempo de cada criança, uma vez que o aluno resolvia as questões no seu próprio ritmo.

Na contramão de Skinner, outro estudioso, Seymour Papert⁴, um matemático nascido na África do Sul, vislumbrou o potencial educativo de outra máquina, o computador, para a aprendizagem escolar. Papert iniciou seus estudos sobre o uso do computador na educação e criou, nas décadas de 1960-70, a linguagem de programação

³ Conforme vídeo em que Skinner fala sobre a Máquina de Ensinar. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=vmRmBgKQq20&hl=pt-BR>>. Acesso em: agosto de 2009 .

⁴ Papert foi aluno de Jean Piaget e designado por esse para substituí-lo na cadeira de Ensino de Cibernética, na Faculdade de Ciências de Genebra e, dois anos depois, desde a sua designação ao MIT, para Guy Cellérier.

chamada LOGO⁵, ou “linguagem da tartaruga” como ficou popularmente conhecida. A ferramenta proporciona que as crianças possam programar os movimentos de uma tartaruga em uma tela de computador utilizando comandos simples e, dessa forma, através da ação física e mental, construir hipóteses, testar e reconstruí-las imediatamente.

Skinner e Papert divergem totalmente nas suas ferramentas e metodologias para uma educação tecnológica. O primeiro está baseado numa epistemologia empirista, propondo uma “Máquina de Ensinar” (VALENTE, 1993), e o segundo numa epistemologia construtivista, propondo, podemos dizer, uma “Máquina de Aprender”.

Observando o uso que se faz da informática atualmente na escola, penso que está fortemente influenciado pelas concepções de “Máquina de Ensinar” ou “Máquina de Aprender”. Na perspectiva da “Máquina de Ensinar”, as práticas usam a informática, exclusivamente, para trabalhar com softwares que se intitulam “educativos”, mas que funcionam no modelo estímulo-resposta, na tentativa de transmitir conhecimentos sem dar importância às estruturas mentais construídas anteriormente pelo sujeito. Assim, os computadores são usados para “transmitir conhecimentos”, tal como uma aula expositiva realizada pelo professor. O professor também lança mão de recursos como programas tutoriais (versão computacional da instrução programada), programas de exercício e prática (atividades para completar), jogos educacionais (baseados em estímulo-resposta) e de simulação, simplesmente incluindo a máquina no modelo de “transmissão” de conhecimento.

Por outro lado, algumas práticas baseiam-se na proposta de construção de objetos através do computador, colocando o aluno na posição de alguém que pode construir “através” do computador como, por exemplo, a programação com LOGO criada por Papert. É necessário fomentar atividades na escola que promovam a ação dos alunos. Por isso, Valente (1993) aponta o uso dos computadores em educação não como uma “Máquina de Ensinar”, mas como uma nova mídia educacional. Nessa perspectiva, o computador passa a ser uma ferramenta educacional de complementação, aperfeiçoamento e possível mudança na qualidade de ensino. O computador não seria mais um instrumento que ensina o aprendiz, mas a ferramenta com a qual o aluno desenvolve algo e, portanto, o aprendizado

⁵ A linguagem LOGO de programação tem diversas versões, como o StarLogo, SuperLogo, AFLogo, entre outras.

ocorre pelo fato do aluno estar agindo e refletindo sobre uma tarefa por intermédio do computador.

O aluno poderia, então, ainda segundo Valente (1993), passar a fazer uso do computador com autoria, utilizando aplicativos (para construção de textos, gráficos, banco de dados); resolvendo problemas (como construção de projetos de aprendizagem), produzindo música, vídeos e apresentações (através de softwares específicos); usando o computador como comunicador (através de e-mail, MSN, Orkut, etc); além de usar programas de controle de processo como oportunidade para o aluno criar, refletir, compreender e controlar.

O uso dos computadores em educação, como uma ferramenta de autoria, abre um enorme leque de possibilidades para o professor, entre elas, o trabalho com a Robótica Educacional. A RE utiliza o computador para programar os objetos construídos através de softwares. Dessa forma, a RE se vale dos computadores para promover uma atividade que potencializa a ação (física e mental) dos alunos, uma vez que trabalha com a construção de objetos, programação e reconstrução permanente dos esquemas de ação, através da resolução de problemas.

1. DO LOGO AO LEGO-LOGO

A linguagem LOGO de programação, criada por Papert, é um marco na informática educacional mundial e brasileira. O Projeto EDUCOM no Brasil, por exemplo, fez com que as equipes das universidades criassem estratégias para introduzir o uso dos computadores na educação, sobretudo através da linguagem LOGO de programação, nas décadas de 1980-90.

Desde uma época em que o computador era pouco utilizado para fins educacionais, Papert projetou um futuro próximo no qual as crianças cresceriam manuseando computadores. Ele acreditava que os meios educacionais possuíam poucos objetos concretos para ajudar os alunos a construírem seus conhecimentos. Por isto, dedicou-se a investigar sobre recursos que ajudassem alunos a pensar, ou *objetos para pensar com*⁶, ou

⁶ O conceito foi desenvolvido também por Resnick et al (1996), baseado em Papert, especificamente para a área da Robótica Educacional com o kit LEGO® Mindstorms .

seja, objetos concretos que estimulassem a criança a pensar sobre o pensar e, dessa forma, testar hipóteses através da exteriorização das mesmas.

Ainda que defendesse a expansão do uso do computador para aprender, o foco de Papert estava nos processos mentais, e não na máquina em si. O pesquisador dedicou-se, então, a criar uma linguagem de programação na qual crianças “ensinavam” os computadores. O pesquisador acreditava que a educação seria potencializada com a possibilidade de alunos “ensinando” (programando) máquinas (computadores). Dizia Papert (1985) que construir e programar são atividades que inspiram certo domínio dos alunos (inteligentes) sobre a máquina (“burra”), pois o comando dado seria o comando executado. Nas palavras do autor:

E ao ensinar o computador a “pensar”, a criança embarca numa exploração sobre a maneira como ela própria pensa. Pensar sobre modos de pensar faz a criança tornar-se um epistemólogo, uma experiência que poucos adultos tiveram (PAPERT, 1985, p. 35).

Papert (1985) diz que o uso do computador com autoria proporciona ao aluno trabalhar também com os erros, ou “bugs”, o que possibilita refletir sobre o fazer e dessa forma aprender a aprender. Na ocasião, Papert (1985) se referia às possibilidades educacionais da programação com LOGO, diz ele:

Mas quando se aprende a programar um computador dificilmente se acerta na primeira tentativa. Especialmente em programação é aprender a se tornar altamente habilitado a isolar e corrigir bugs, as partes que impedem o funcionamento desejado do programa. A questão a ser levantada a respeito do programa não é se ele está certo ou errado, mas se ele é executável. (...) Refletir sobre a aprendizagem por analogia com o desenvolvimento de um programa é uma maneira acessível e poderosa de começar a ser mais articulado em suas próprias estratégias de debugging e mais deliberado em aperfeiçoá-las (PAPERT, 1985, p. 40).

Na década de 1980, Papert lançou o livro “Logo: computadores e educação” defendendo a ampla expansão da utilização do computador para fins pedagógicos. Na época, já promovia a “Máquina das Crianças”⁷, ou seja, que se investisse em educação através da compra de computadores para uso individualizado na sala de aula. O projeto se

⁷ “A Máquina das Crianças” veio a ser o título de outra obra de Papert, lançada originalmente em 1993.

concretizou através de Nicholas Negroponte e da Organização Não Governamental (ONG) One Laptop Per Child (OLPC) com apoio de Papert. No Brasil, o projeto para implementação de computadores individualizados na sala de aula chama-se Um Computador por Aluno⁸ (UCA).

Papert pensou que a linguagem LOGO de programação seria a ferramenta necessária para que os professores pudessem proporcionar um trabalho construcionista, baseado na construção, na escola em oposição ao instrucionismo, baseado na instrução. Com referência na Epistemologia Genética de Piaget, Papert (2008) cunhou o termo “Construcionismo”, em oposição ao “Instrucionismo”, para identificar a maneira como professores deveriam atuar em sala de aula que, no seu ponto de vista, deveria ser com menos fala e mais ação dos alunos. Com o passar do tempo e observando o uso que se fez da ferramenta LOGO em sala de aula, a experiência mostrou que a tela do computador não era algo tão concreto para a criança como se dimensionou. Por isso, à linguagem LOGO, ou “linguagem da tartaruga”, uniram-se peças do tipo LEGO®, as quais proporcionaram a montagem de objetos concretos que realizam movimentos no mundo real tal como a tartaruga realizava no mundo virtual. Iniciou-se, então, o Projeto LEGO-LOGO.

Na mesma obra LOGO, Papert (1985) relembra as “engrenagens da sua infância”, recordando o tempo em que observava motores ao lado de seu pai. Disse ele que tal vivência poderia ter influenciado sua maneira de ver o mundo. Por isso, acena com o desejo de criar uma —caixa de engrenagens para proporcionar às crianças o que sua observação sobre motores proporcionou a ele na infância. Diz Papert (1985, p. 25):

Nas primeiras páginas desse livro descrevi como as engrenagens facilitaram a entrada de ideias matemáticas em minha vida. Muitas condições contribuíram para sua efetividade. Primeiro, elas faziam parte de meu “cenário” natural, estavam embutidas no mundo ao meu redor. Por isto pude encontrá-las sozinho e me relacionar com elas à minha própria maneira. Segundo, as engrenagens faziam parte do mundo dos adultos que me cercavam e através delas eu podia sentir como as engrenagens giravam imaginando meu corpo girando. Isso me possibilitou usar o meu “conhecimento do corpo” para pensar sistemas de engrenagens. E finalmente, porque em todos os sentidos reais a relação entre engrenagens contém grande quantidade de informação matemática, eu podia usá-las para pensar sistemas formais. Isso mostra como as

⁸ O Projeto UCA tem parceria com o Laboratório de Estudos Cognitivos (LEC)/UFRGS, que é um centro onde se investiga Processos Cognitivos. A coordenação pedagógica é da Professora Dra. Léa da Cruz Fagundes.

engrenagens me serviam como um “objeto de pensar”. Foi assim que as utilizei em meu desenvolvimento como matemático. As engrenagens me serviram também como um “objeto de pensar com” em meu trabalho de pesquisa educacional. (PAPERT: 1985, p. 25)

Muito provavelmente, Papert não imaginava, nessa época, que, anos mais tarde, no Laboratório de Mídias do Massachusetts Institute of Technology (MIT/EUA), concretizaria, com ajuda de seus colaboradores e convênio com a LEGO® Dacta, a “caixa de engrenagens” no LEGO-LOGO, e chamado posteriormente de kit de Robótica Educacional LEGO® Mindstorms. Papert (2008) diz que o relacionamento entre academia e indústria, para a realização desse projeto, foi bastante positivo, e que em nenhum momento comprometeu sua integridade intelectual.

Através do kit, a tartaruga programável, idealizada por Papert, agora está fora da tela do computador e no formato criado pela criança. Ela pode ser construída com os blocos plásticos na forma de um carro, uma moto, um animal, ou qualquer outro protótipo⁹ imaginado pela criança e, em seguida, programada pela linguagem RoboLab® inspirada no LOGO.

Resnick et al (1996) trabalhou no mesmo grupo de pesquisas do MIT e aprimorou a idéia de Papert. A linguagem LOGO de programação foi adaptada para movimentar os blocos do tipo LEGO® através do “tijolo programável”, chamado Robotic Command Explorer (RCX). Unindo blocos plásticos, sensores, RCX e a programação, o kit possibilita a construção de objetos para pensar com.

Papert diz que a escola deveria trabalhar mais com o processo natural de aprendizagem, pois quando uma criança deseja aprender algo, ela aprende independente de alguém que a ensine (PAPERT, 1985), certamente referindo-se à questão da afetividade relacionada à aprendizagem desenvolvida por Piaget. Papert (1985) defende essa ideia, mas não acredita que o conhecimento nasce com o sujeito, necessitando apenas “desabrochar” para aprender. Ele acredita que se aprende melhor quando se é “menos ensinado”, e deixamos o aluno experimentar, fazer, construir, usar, pensar e brincar.

Com base nos estágios do Desenvolvimento Intelectual de Piaget, o autor enfatiza o trabalho com objetos concretos e um trabalho intensivo com o estágio Operatório Concreto,

⁹ O termo “protótipo” será usado aqui para designar os objetos construídos e reconstruídos pelas crianças em Robótica Educacional.

no qual o aluno precisa manusear, experimentar e construir objetos para construir as estruturas do pensamento. Papert (2008) acredita que tal forma de trabalho, com o concreto, deve ser empregada no ensino da Matemática, mas não só aí como também em todas as outras áreas em que se deseja ensinar algo às crianças, em alusão ao construcionismo. Diz ele:

O construcionismo também possui a conotação de “conjunto de peças para construção”, iniciando com conjuntos no sentido literal, como o Lego, e ampliando-se para incluir linguagens de programação consideradas como “conjuntos” a partir dos quais programas podem ser feitos, até cozinhas como “conjuntos” com os quais são construídas não apenas tortas, mas receitas e formas de matemática-em-uso. Um dos meus princípios matemáticos centrais é que a construção que ocorre “na cabeça” ocorre com frequência de modo especialmente prazeroso quando é apoiada por um tipo de construção mais pública, “no mundo” – um castelo de areia ou uma torta, uma casa Lego ou uma empresa, um programa de computador, um poema ou uma teoria do universo. Parte do que tenciono dizer com “no mundo” é que o produto pode ser mostrado, discutido, examinado, sondado e admirado. Ele está lá fora. (PAPERT, 2008, p. 137)

Identifico o trabalho com RE como uma atividade construcionista, como proposto por Papert. Sendo ele o teórico que construiu as bases para que o kit de Robótica Educacional pudesse ser desenvolvido, sua teoria vem ao encontro do trabalho com RE na escola.

2. ROBÓTICA EDUCACIONAL

A **robótica**¹⁰ é o estudo da tecnologia associada ao projeto, fabricação e aplicação em robôs. Um **robô** é um dispositivo, ou grupo de dispositivos, capaz de realizar trabalhos de maneira autônoma, pré-programada, ou através do controle humano. A robótica pode envolver áreas como a engenharia mecânica, engenharia elétrica e a inteligência artificial. É também muito utilizada na indústria pelo setor de automação, que constrói robôs capazes de realizar tarefas impossíveis de serem executadas pelo ser humano, seja pelo nível de precisão, pelo peso ou pela velocidade. Ao pensar em robótica, podemos nos remeter imediatamente ao Ensino Superior, sobretudo nas áreas das engenharias com o uso da

¹⁰ Baseado na Wikipédia. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B3tica>>. Acesso em: agosto de 2009.

eletrônica ou mecatrônica, ou ainda aos cursos técnicos que preparam para atuação no mercado de trabalho. Porém, uma modalidade de robótica, ainda pouco teorizada no meio acadêmico, mas com alguma ascendência no meio educacional, tem se mostrado uma ferramenta importante para motivar, desafiar, construir e integrar conhecimentos na sala de aula: é a Robótica Educacional.

A Robótica Educacional é uma atividade que reúne construção e programação de robôs e pode ser desenvolvida na escola utilizando kits comercializados no mercado brasileiro ou sucata eletrônica. A aula geralmente é direcionada para a construção de um protótipo e, posteriormente, é feita a programação através do computador e um software de programação. A montagem é o momento quando os alunos utilizam blocos, peças ou placas que se movimentarão autonomamente após serem programados através do software no computador. A atividade pode se desenvolver individualmente, em duplas ou em grupo, o que promove o trabalho cooperativo e integrado.

Além de ser uma atividade educacional que trabalha com a construção e programação de objetos concretos, também possibilita a reflexão por meio da resolução de uma série de problemas desencadeados ao longo do processo de criação. A RE, em nível escolar, também é uma atividade lúdica em que os sujeitos se deparam com uma porção de peças que possibilita a construção de objetos que simulam o real, mas que parecem brinquedos e que demanda um esforço cognitivo para sua construção e programação, para funcionar de forma autônoma como um robô.

2.1 Os kits de Robótica Educacional disponíveis no mercado brasileiro

A RE é possibilitada, no meio escolar, pelo uso de kits semiestruturados e um software de programação. Na época desta pesquisa¹¹, o mercado brasileiro dispunha dos seguintes kits para comercialização: os kits LEGO Mindstorms®, o kit VEX e ainda a

¹¹ A pesquisa sobre os kits educacionais foi realizada no início da investigação (2008). Na época da sua conclusão (2010) já havia muitos outros kits no mercado, tais como: Active Robotics, Festo, Join Max, K-Team, Mecano, Modelix, PNCA, Pioneer e Robotis.

“Robótica Livre”, que utiliza sucata e pode ou não se valer de interfaces¹² como Gogo Board ou Cyberbox.

As peças LEGO® são brinquedos produzidos pelo LEGO® Group, cujo conceito se baseia em um sistema patenteado de peças de plástico que se encaixam, permitindo inúmeras combinações. É fabricado desde meados da década de 1950, quando se expandiu pelo mundo. A origem da empresa e dos brinquedos da marca LEGO® está associada à oficina de Ole Kirk Christiansen, um mestre carpinteiro da Dinamarca que produziu as peças inicialmente em madeira, na década de 1930. Em 1980, o LEGO® Group criou o Departamento de Produtos Educacionais, renomeado como LEGO® Dacta, em 1989, com a função de ampliar as possibilidades educacionais dos seus brinquedos. O convênio firmado com o MIT possibilitou ao Professor Seymour Papert, do Laboratório de Aprendizagem em Computação, o título de Professor LEGO® de Pesquisa em Aprendizado, após o seu trabalho de associar a linguagem de programação LOGO com os produtos LEGO®, criando o kit de Robótica Educacional Mindstorms.

O material utilizado na escola onde atuo como professora de Robótica Educacional e nesta investigação é o kit LEGO Mindstorms® 9793, desenvolvido por Papert e colaboradores, e comercializado pela LEGO® desde 1998. No Brasil, a representante comercial do produto é a EDACOM - Tecnologia em Sistemas de Informática Ltda¹³. Trata-se de uma caixa com divisórias contendo 830 peças, entre elas blocos plásticos, vigas, pranchas, engrenagens, rodas, eixos, cabos, sensores (sensor de toque, luz, temperatura), motores, entre outros, e um tijolo programável chamado RCX.

Para fins de organização e conferência¹⁴ do kit LEGO Mindstorms® 9793, as peças que o compõem podem ser classificadas nas divisórias em: pranchas, blocos, vigas, rodas e pneus, peças verdes e amarelas, esteiras e rodas grandes, eixos e tubos, peças azuis e brancas, engrenagens, peças pretas, motores - sensores - cabos, conectores, RCX e peças cinzas (APÊNDICE A).

¹² O conceito de Interface significa aqui um circuito eletrônico que controla a interligação entre dois dispositivos hardwares e os ajuda a trocar dados.

¹³ Site da EDACOM – representante brasileira da LEGO® . Disponível em: <<http://www.legozoom.com.br>>. Acesso em: agosto de 2009.

¹⁴ No final de cada aula, os alunos conferem rapidamente o kit para verificar se as peças estão recolocadas nos lugares correspondentes e se não estão faltando peças, principalmente cabos, sensores e motores.



Figura 1: Kit LEGO Mindstorms® 9793 com RCX e um exemplo de montagem
Fonte: Arquivo pessoal

O RCX, ou “tijolo programável” (RESNICK et al, 1996), é um bloco que funciona como microcontrolador autônomo e pode ser programado usando um computador e o software de programação RoboLab®. Ele utiliza sensores para obter entradas do ambiente, processar dados e comandar motores e lâmpadas para que liguem e desliguem. Cinco programas podem ser armazenados numa unidade RCX, um em cada slot do RCX, totalizando 1.500 comandos (ROBOLAB, 2003). O RCX funciona através da programação com o software RoboLab®, baseado em comandos representados por ícones. Depois de selecionar os comandos, os alunos transferem a programação para o RCX através de um transmissor infravermelho conectado ao computador. O tipo de interface e a linguagem gráfica tornam a programação bastante acessível.

Quando a SMED/Porto Alegre adquiriu, através da EDACOM, o “Projeto de Educação Tecnológica para as Séries Finais do Ensino Fundamental”, além da caixa com as peças para o trabalho, a escola recebeu uma coleção de revistas contendo sugestões de montagem para o trabalho com o material. Chama-se “ZOOM: revista de Educação Tecnológica”, formada por quatro coleções, de quatro revistas cada, totalizando dezesseis edições. Cada coleção destina-se a um dos quatro últimos anos do Ensino Fundamental. Observa-se que cada coleção tem a intenção de integrar as montagens com RE e os conteúdos destinados a cada ano escolar. Dessa forma, a primeira coleção (cor roxa) traz assuntos relacionados aos planetas, ar, água e solo, que correspondem aos conteúdos do 6º ano do Ensino Fundamental. A segunda coleção (cor amarela) possui construções relacionadas aos animais, que correspondem aos conteúdos do 7º ano. Na terceira coleção

(cor vermelha), podemos encontrar protótipos relacionados ao corpo humano (8º ano) e, na última (cor verde), muitas construções envolvem conceitos de física, tais como velocidade, tempo e distância (9º ano). Cada montagem possui sugestões de montagem para a construção do protótipo. Há um desenho de como deve ser feita a montagem e as peças que serão utilizadas passo a passo.

Está disponível no mercado brasileiro, desde 2006, uma versão atualizada do kit Mindstorms: é o LEGO Mindstorms® NXT, com 431 peças, entre elas, blocos, vigas, eixos, rodas, engrenagens e polias, com o “tijolo programável” (RESNICK et al, 1996), agora chamado de NXT, com diversas modificações. As inovações incluem portas USB, sensor ultrassônico (que detecta objetos que estejam a até 2m de distância do sensor), sensor de cor, bateria recarregável, bluetooth, entre outros.

O software utilizado para programação é o LabView®. O público alvo para utilização desse material, segundo a empresa, é a partir dos 11 anos. Esse kit está disponível para comercialização também em lojas especializadas em brinquedos, ao contrário do Mindstorms® 9793, que só é vendido para instituições com fins educacionais.



Figura 2: Kit LEGO Mindstorms® com NXT e um exemplo de montagem.
Fonte: <http://mindstorms.lego.com>

Com o LEGO Mindstorms® NXT pode-se projetar, construir e programar robôs por meio do software incluído no conjunto. Os robôs podem ser programados para executar diferentes operações em cada um dos seus cinco compartimentos de programas. O robô pode ser montado com sensores que controlam os motores e reagem à luz, som, tato, etc.

Outro kit comercializado no Brasil, desde 2007, pela INDEX Tecnologia em Robótica, é o kit VEX. A INDEX Tecnologia em Robótica é representante exclusiva no Brasil dos produtos da Innovation First, Inc - IFI dos EUA, criadora do sistema VEX

Robotics Design System. A empresa¹⁵ tem a visão voltada para Projetos Educacionais e Pedagógicos de inclusão tecnológica aos alunos de Ensino Médio.



Figura 3: Kit VEX e exemplos de montagem
Fonte: <http://www.vexrobotics.com.br>

O kit VEX é composto por peças metálicas do tipo vigas, porcas, parafusos, arruelas, chapas, rodas, motores, correntes, sensor ultra-sônico, entre outras. A construção é programada através do software EasyC® Vex Robotics e controlado pelo módulo de programação. O kit contém cerca de 500 peças e tem como público alvo para sua utilização alunos do Ensino Médio.

Uma alternativa ao uso de kits semiestruturados é a “Pedagogia da Sucata”, ou “Robótica Livre”, que foi pensada pelo professor Danilo César¹⁶, professor de robótica do CET-CEFET da cidade de Itabirito/MG, como alternativa aos kits comerciais e seus altos custos. Esta modalidade utiliza hardware (sucata tecnológica) e software livres (Linux e seus aplicativos). As construções partem para soluções livres em oposição aos produtos comerciais, além de ter um caráter ecológico de reutilização do lixo eletrônico. O projeto de robótica livre (CESAR, 2005) iniciou em 2004, em uma escola municipal de Belo Horizonte/MG, com alunos de Educação de Jovens e Adultos (EJA), de 14 a 67 anos, com resultados, segundo o professor, bastante positivos para a aprendizagem.

Para o desenvolvimento do trabalho com robótica e sucata, está disponível no mercado uma interface chamada Cyberbox, desenvolvida pela Besafe/IMBRAX¹⁷, empresa

¹⁵ Segundo o site da empresa. Disponível em: <<http://www.vexrobotics.com.br>>. Acesso em: agosto de 2009.

¹⁶ Conforme entrevista com o professor Danilo César. Disponível em: <<http://br.youtube.com/watch?v=1StSDenPacM>> (parte1) e <<http://br.youtube.com/watch?v=YS98ETnRq7Q>> (parte2). Acesso em: agosto de 2009.

localizada em Curitiba/PR. O material é utilizado em algumas escolas da rede pública e da rede privada dessa cidade, segundo Zilli (2004).

Trata-se de uma interface desenvolvida para uso pedagógico em nível de Ensino Fundamental, Médio e Superior, com ligação serial ao computador com cabo e fonte incluídos. Possui doze saídas digitais de potência com controle de velocidade e posição através de PWM e controle de posição de servo-motores, através da CyberSevo. Além de dezesseis entradas digitais de 0 - 5V, com sinalização síncrona e assíncrona, 8 entradas analógicas de 10 bits de resolução, com sinalização síncrona com tempo programável e síncrona com disparo à escolha.

O Cyberbox não funciona de forma autônoma. Precisa estar conectado a um computador para receber os comandos e então executar uma operação associada ao comando recebido. É uma interface profissional com muitos recursos e que pode ser controlada em softwares como: Imagine, Everest, Superlogo, Micromundos, etc.



Figura 4: Cyberbox e um exemplo de montagem de um braço.
Fonte: <http://www.imbrax.com.br/principal>

A placa **Gogo**, ou “**Gogo board**”, foi projetada no MIT e apresenta-se como uma alternativa ao bloco RCX, por exemplo, que compõe o kit LEGO Mindstorms®, mas que apresenta altos custos para a realidade brasileira. Consiste numa coleção de dispositivos eletrônicos de código aberto, projetados principalmente para uso educacional. Não é possível comprar uma placa GoGo, mas pode-se fazer uma, pois o objetivo não é vender placas, mas encorajar a construir e, para isso, informações disponíveis no site¹⁸ ajudam em

¹⁷Site da empresa Besafe/IMBRAX. Disponível em: <<http://www.imbrax.com.br/cyberbox>>. Acesso em: agosto de 2009.

¹⁸ Disponível em: <<http://www.gogoboard.org>>. Acesso em: agosto de 2009.

todas as tarefas envolvidas (compra dos componentes, elaboração da placa de circuito impresso, montagem e configuração).

Segundo a organização responsável pela criação da placa, ela foi criada com os seguintes objetivos: é multiuso, pois os alunos podem usar a placa para construir robôs, medir e armazenar dados ambientais, conduzir projetos de investigação científica, criar controles para jogos, instalações artísticas e outros. O código é aberto, pois permite que qualquer pessoa possa modificá-la para atender suas necessidades específicas. É de fácil montagem, pois a placa GoGo foi projetada com componentes e superfícies de soldagem grandes, para permitir a montagem. Não são usados componentes ultraminiaturizados, que requerem experiência técnica ou equipamentos especiais para sua montagem. Além disso, a placa de circuito impresso foi projetada com traços largos, permitindo que seja feita com kits de baixo custo, disponíveis em qualquer loja de componentes eletrônicos. Todos os componentes foram escolhidos para serem facilmente encontrados e podem ser comprados em lojas de componentes eletrônicos em vários países. O custo é baixo, pois o número de componentes obrigatórios na placa foi minimizado para reduzir seu custo. Vários deles são opcionais e podem ser adicionados quando necessários.

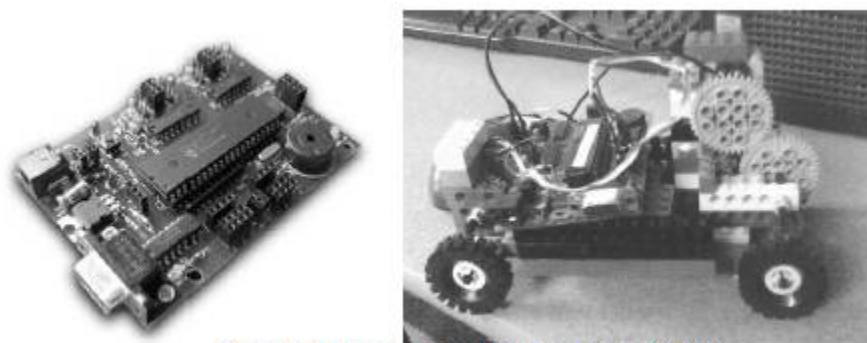


Figura 5: Gogo board e montagem com peças LEGO®.
Fonte: <http://www.gogoboard.org>

Atualmente, os altos preços dos materiais para o trabalho com robótica em nível escolar é um entrave para a expansão da Robótica Educacional no Brasil. Contudo, algumas escolas brasileiras desenvolvem atividades de cunho tecnológico com o uso de kits semiestruturados ou interfaces nas aulas de RE.

2.2 A aula de Robótica Educacional

A aula de RE no Ensino Fundamental pode ser realizada com a utilização de um kit semiestruturado, como os descritos anteriormente para a montagem de protótipos sugeridos pelo professor, montagens livres, resolução de problemas, transformação de protótipos, além de Projetos de Aprendizagem envolvendo montagem e programação. Pode integrar a grade curricular, estar inserida em uma disciplina, ou ainda funcionar como projeto de turno inverso ao turno de aula.

Numa aula de Robótica Educacional usando o kit LEGO Mindstorms®, por exemplo, os alunos constroem um objeto usando as peças e o RCX, depois criam um programa para automatizar o protótipo usando o RoboLab®. Em seguida, transferem seu programa para o RCX, usando um transmissor infravermelho e o protótipo se move de maneira autônoma, sem conexão com o computador. Caso o robô não funcione como esperado, o aluno deverá procurar o erro, ou “bug”, que pode estar na montagem ou na programação e corrigir o caminho para então prosseguir na montagem.

Baseada na minha experiência com RE, acredito que o trabalho com robótica em sala de aula possibilita o encaminhamento de inúmeras atividades. Usando o kit LEGO Mindstorms®, ou outro material, o professor pode:

- a) Sugerir a montagem e programação de modelos disponíveis em revistas ou sites especializados. Nas revistas ZOOM, por exemplo, estão discriminadas passo a passo as peças que o aluno deverá usar e como fazer a montagem, basta o professor escolher o modelo e indicar a página aos seus alunos.
- b) Partir de uma construção inacabada e solicitar que seja dada a continuidade da construção e sua programação. O professor pode apresentar uma montagem com motores e engrenagens, por exemplo, e solicitar que seja construído e programado um objeto que inclua aquela construção. Pode-se, ainda, apresentar uma construção completa, como um robô-carro, por exemplo, e solicitar que sejam incluídos sensores de toque para que funcione como “bate e volta”, por exemplo.
- c) Apresentar uma construção pronta, que possui um erro ou “bug”, e os alunos poderão investigar e corrigir o erro. Os erros podem estar relacionados à falta ou excesso de peças, conexões, cabos, engrenagens, entre outros.

d) Apresentar uma programação já pronta, que possui um erro ou “bug”, e os alunos poderão investigar e corrigir o erro. Os “bugs” podem estar relacionados com falta ou excesso de comandos, ou ainda na direção do giro dos motores.

e) Lançar um desafio e deixar que o objeto seja criado como no experimento dessa dissertação: “construir um robô para levar o carro com problemas mecânicos até a casa” é um exemplo desse tipo de atividade. O aluno está livre para resolver esse problema como achar melhor.

f) Lançar um desafio que seja um problema na realidade que cerca a comunidade e promover a construção de uma solução. O problema a ser resolvido pode ser como automatizar o acendimento de luzes de um prédio para que se economize mais energia elétrica, por exemplo, ou ainda a construção de um carro-coletor de lixo movido a energia solar.¹⁹

Além dessas atividades, pode-se promover a construção de protótipos para participação em campeonatos internos ou externos, tais como:

a) Futebol de robôs: construir robôs autônomos ou controlados por controle remoto que sejam capazes de se movimentar em um espaço retangular, de tamanho predeterminado, com o objetivo de marcar pontos em um espaço denominado gol. Jogam dois robôs por vez e a bola pode ser do tamanho de uma bola de tênis.

b) Sumô de robôs: construir robôs autônomos que sejam capazes de se movimentar em um espaço circular, de tamanho predeterminado, com o objetivo de empurrar para fora do espaço o robô adversário. Competem dois robôs por vez.

c) Desafio “tira latas”: construir robôs autônomos que sejam capazes de se movimentar em um espaço circular ou retangular, de tamanho predeterminado, com o objetivo de empurrar para fora do espaço algumas latas coloridas. Cada uma das latas marca pontos de acordo com a sua cor. Compete um robô ou mais por vez, registrando a pontuação.

d) Desafio FLL: A FIRST LEGO® League ou —FLL□, foi criada em 1998, numa parceria entre o grupo LEGO® e a organização FIRST²⁰, para promover uma competição internacional de equipes de robótica para crianças e adolescentes de até 16 anos, usando os kits Mindstorms com RCX ou NXT. Os

¹⁹ Esse trabalho foi apresentado pela equipe de robótica sob minha orientação no Salão UFRGS Jovem, em 2010, com o título: “Robô Coletor Movido a Energia Solar como Alternativa ao Uso de Carroças em Porto Alegre”.

²⁰ A sigla significa FIRST significa "Para Inspiração e Reconhecimento da Ciência e Tecnologia". Trata-se de uma organização sem fins lucrativos que cria atividades inovadoras para promover matemática, ciência e tecnologia para jovens.

torneios FLL acontecem em diferentes países do mundo, inclusive em cidades brasileiras como Porto Alegre²¹. A competição é composta de partes: um campeonato de robô e um projeto. No campeonato, as equipes criam, constroem, programam e testam robôs autônomos que devem executar uma série de tarefas ou missões predeterminadas pela organização. No projeto, as equipes realizam pesquisas e criam uma solução de engenharia tecnológica ou de um aspecto do desafio e apresentam essa solução para uma banca de avaliadores. A avaliação final das equipes envolve a avaliação do robô, da pesquisa e do trabalho em equipe.

e) Desafio FRC: As competições da FIRST Robotics Competition, ou FRC, são promovidas também pela FIRST em vários países, tendo como público alvo os estudantes maiores de 16 anos, ou seja, do Ensino Médio e Superior. A competição de robôs utiliza o kit VEX, entre outros kits, tecnologia, trabalho em grupo e assessoria acadêmica. Os desafios são lançados anualmente e têm prazos determinados para a sua realização. Cada equipe pode concorrer a prêmios técnicos (dirigibilidade, projeto, design, animação gráfica, etc) e outros que dizem respeito ao envolvimento da equipe com a sua comunidade e demais equipes.

f) Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR)²²: uma iniciativa pública, gratuita e sem fins lucrativos, dedicada às escolas, professores e jovens brasileiros vinculados ao ensino fundamental, médio ou técnico, que visa aproximar esse público da área tecnológica de diversas formas, tais como: realização de provas no âmbito nacional, realização de torneios locais, parcerias com universidades, disponibilização de website com material de robótica pedagógica, e fóruns para troca de experiência entre docentes. O objetivo geral da OBR é estimular o interesse pela Robótica, áreas afins e a Ciência em geral, e promover a difusão de conhecimentos básicos sobre Robótica de forma lúdica e cooperativa.

Como visto até aqui, as aulas com Robótica Educacional possibilitam múltiplos encaminhamentos, podendo reproduzir modelos, criar protótipos, resolver problemas ou direcionar as construções para campeonatos.

Um questionamento que poderia surgir, então, é com relação à construção de modelos reproduzidos em revistas e sites especializados. Quando os alunos reproduzem uma montagem, poderiam estar limitando sua criatividade?

²¹ Em Porto Alegre aconteceram as etapas regionais do campeonato FLL, em 2007, com “Desafio Energético” e, em 2009, com “Conexões Climáticas”

²² Disponível em: <<http://www.obr.org.br/>>. Acesso em: agosto de 2009.

Quando o tipo de montagem é imposto pelo professor, na aula de Robótica Educacional, e sua construção é delimitada por manuais, podemos dizer que a aula está mais relacionada com uma concepção empirista²³ de aprendizagem. A crítica a essa forma de trabalho poderia ser que uma “pedagogia diretiva” (BECKER, 2001) aplicada ao trabalho com RE poderia restringir as criações dos alunos às montagens descritas nas revistas, além de reduzir ou impossibilitar o surgimento de problemas decorrentes da montagem e programação. O trabalho direcionado de RE limitaria a ação do aluno, uma vez que a especificação do passo a passo minimizaria a questão do erro na construção, pois tal montagem já foi realizada por outra pessoa que eliminou qualquer possibilidade de equívoco.

Contudo, observo que, quando os alunos realizam esse tipo de atividade, mesmo seguindo as etapas de construção especificadas na revista, muitos problemas acontecem durante a montagem e programação, impedindo o funcionamento esperado do protótipo. Tal problema pode ser consequência de erros de montagem ou de programação do robô. Isso provoca momentos de reflexão em que o(os) aluno(os) precisa(m) agir com intuito de resolver o problema, comparando o objeto construído com aquele desenhado na revista, retomando e corrigindo equívocos, ou seja, um procedimento típico de resolução de problemas em que acontece a reflexão sobre a ação para reconstruir procedimentos.

Considero importante proporcionar algumas atividades dirigidas para que o sujeito possa agir sobre o objeto, no caso o kit de robótica, construindo esquemas que servirão como recurso nos momentos em que atuar de forma autônoma para criar protótipos. Assim, quando o aluno for deixado livre para criar, ele poderá acionar seus esquemas construídos anteriormente, tais como encaixes, funções do sensor, das peças, programação etc, para construir o que desejar. O grande problema de direcionar as aulas está, no meu ponto de vista, quando o professor trabalha somente com atividades dirigidas nas suas aulas de Robótica Educacional, impedindo que os alunos criem objetos de acordo com suas necessidades e interesses.

Além disso, toda atividade desenvolvida no currículo escolar está delimitada ao tempo exato de um, dois ou três períodos de aula. Por isso, quando a atividade de RE é

²³ A teoria epistemológica Empirista diz que a aprendizagem acontece através do modelo SUJEITO ← OBJETO, portanto, o sujeito nasceria uma “tábula rasa”, onde bastaria que depositássemos os conteúdos para que acontecesse a aprendizagem.

realizada no turno de aula, é necessário que o tempo seja organizado e limitado para que o trabalho seja concluído e atinja o objetivo da construção e programação, pois observo que os alunos que não conseguem concluir o trabalho no tempo previsto são tomados de um sentimento de frustração.

Por outra linha de ação, pode-se trabalhar numa aula de Robótica Educacional simplesmente oferecendo o material ao aluno e deixando que ele se encarregue de pensar qual a construção que gostaria de realizar e como faria. Observo que alguns professores, ao trabalhar com a RE em sala de aula, simplesmente oferecem o material a seus alunos e se ausentam do ambiente da sala. Tal comportamento, por parte do professor, pressupõe que o aluno seja capaz de fazer tudo sozinho. Essa linha de trabalho está mais relacionada com a teoria epistemológica apriorista²⁴. Uma “pedagogia não diretiva” (BECKER, 2001), aplicada ao trabalho com Robótica Educacional, pode oferecer nenhum desafio para o aluno, ainda mais quando ele não construiu esquemas de ação sobre o objeto em questão.

Além disso, a falta de um controle, por parte do professor, da organização do tempo da aula, faz com que os alunos consigam apenas montar (quando conseguem), sem chegar à programação. Podem acontecer também avarias ao material, como perda de peças, além de estragos devido ao fato de os alunos desencaixarem as peças com os dentes. Outro fato que observo é que peças como sensores e cabos, tornam-se peças ornamentais nas construções pelo desconhecimento da sua função. Os alunos poderiam pesquisar as funções de cada peça, mas quando o professor renuncia sua função no processo de aprendizagem do aluno, ele não oferece nem mesmo os caminhos para encontrar as respostas para o conhecimento social.

Os kits de robótica, assim como os computadores, carregam possibilidades de trabalho com fins pedagógicos, mas tudo dependerá da maneira como serão trabalhados com os alunos. O professor pode deixar que os alunos fiquem nas construções mais simples, ou que sejam instigados a ir além, construindo e reconstruindo, agindo e refletindo sobre essa ação.

Um trabalho com RE voltado para a epistemologia **Construtivista**²⁵ pressupõe uma atividade baseada na ação (física e mental) do sujeito. Uma “pedagogia relacional”

²⁴ O Apriorismo explica a aprendizagem através do modelo SUJEITO → OBJETO, portanto, o sujeito nasceria com todo o conhecimento pronto dentro dele, bastando “despertá-lo” para que ocorresse a aprendizagem através do *laissez-faire* ou “deixai fazer”.

(BECKER, 2001) aplicada ao trabalho com Robótica Educacional necessita que o aluno, sujeito da aprendizagem, aja construindo os objetos no meio concreto e opere sobre seus esquemas de ação.

O tempo limitado (e quase sempre reduzido) para a aula é um entrave para o desenvolvimento da atividade de Robótica Educacional no meio escolar. Nem sempre o sujeito consegue resolver um problema no tempo de uma aula ou de períodos. Quando os alunos possuem mais tempo para criar, transformar e resolver problemas, a atividade se torna mais significativa, pois cada sujeito pode buscar, no seu tempo, as respostas que procura. Quando é possibilitado mais tempo aos alunos para construir um protótipo (retirado ou não das revistas), e modificações são realizadas para qualificar o funcionamento desse objeto, é um momento de muita ação e grande aprendizagem para os alunos, pois a busca e a construção de estratégias para alcançar objetivos, melhorar procedimentos e resolver problemas é um momento de intensa ação cognitiva.

Portanto, o trabalho com RE na modalidade Projeto, no turno inverso ao da escola, proporciona aos alunos que eles possam ter um tempo maior para aperfeiçoar suas construções, testar hipóteses, fazendo e refazendo para que possam refletir sobre sua ação. O trabalho em sala de aula, geralmente com turmas grandes, necessita de uma organização do tempo para que a atividade possa acontecer. Já o trabalho com grupos menores, na modalidade Projeto, é muito mais produtivo no sentido de proporcionar mais tempo para resolução dos problemas decorrentes da montagem e programação.

Certa vez, um grupo de alunos montou o protótipo de uma moto cuja construção estava sugerida na revista ZOOM. Porém, a moto não se movimentava autonomamente, pois não possuía motor. O grupo tratou então de fazer as devidas adaptações para colocar um motor na moto para que se movimentasse sozinha e, com mais outra adaptação nas rodas, colocaram a moto na vertical sem precisar ajuda das mãos. Ainda não satisfeitos, queriam encontrar uma maneira de adaptar o RCX (tijolo programável) na moto. Como a moto era muito frágil e o RCX muito pesado, construíram uma estratégia para adaptar um controle para que o RCX ficasse nas mãos do controlador. Dessa forma, deram o nome ao projeto de “O Controle Re-Moto”. O projeto demandou tal envolvimento do grupo que

²⁵ O modelo SUJEITO ↔ OBJETO pressupõe que sujeito e objeto ajam para que aconteça a aprendizagem. Portanto, para o construtivismo, o sujeito não nasce uma “tábula rasa” e tão pouco nasce sabendo. O sujeito nasce com a possibilidade de aprender, bastando, para isso, que aconteça a solicitação do meio.

quiseram apresentá-lo na Feira de Ciências da escola. O trabalho recebeu prêmio Destaque da Feira, tamanha a empolgação dos alunos em explicar seus processos de construção e proporcionar, a quem desejasse, controlar a moto pelo controle construído pelo grupo. Esse exemplo ilustra uma possibilidade de aula voltada para uma pedagogia relacional, no qual os sujeitos que já haviam construído esquemas de ação acerca do material, no caso o kit de robótica, construíram um protótipo e, depois, partiram para resolver o que se tornou um problema para eles na ocasião: a construção de um controle remoto para a moto.

Entre os tantos encaminhamentos possíveis citados até aqui para uma aula de RE, parece-me que a possibilidade de trabalhar com objetos concretos, no modelo construcionista que nos sugeriu Papert (2008), criando *objetos para pensar com*, construindo e testando hipóteses como numa “tempestade de idéias”²⁶, seja a de maior vantagem do trabalho com Robótica Educacional. O trabalho com RE voltado para a epistemologia construtivista possibilita aulas em que os alunos agem concretamente e operam mentalmente elaborando e reelaborando procedimentos, bem como construindo e reconstruindo seus esquemas de ação.

REFERÊNCIAS

BECKER, Fernando. Educação e Construção do Conhecimento. Porto Alegre: Artmed, 2001. 125 p.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC / SEF, 1997.

CESAR, Danilo Rodrigues. Robótica Livre: Robótica Educacional com tecnologias livres. 2005. Disponível em:
<http://libertas.pbh.gov.br/~danilo.cesar/robotica_livre/artigos/artigo_fisl_2005_pt_final.pdf>.
Acesso em: 10 ago. 2008.

MORAES, Raquel de Almeida. Informática na Educação. Rio de Janeiro: DP&A, 2000. 132 p.

²⁶ O termo mindstorms, ou “tempestade de idéias”, é o título original em inglês da obra LOGO de Papert (1985).

PAPERT, Seymour. A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática. Porto Alegre: Artmed, 2008. 220 p.

_____. LOGO: computadores e educação. São Paulo: Brasiliense, 1985. 254 p.

RESNICK, M. et al. Programmable Bricks: toys to think with. Abr. 1996. Disponível em: <<https://www.research.ibm.com/journal/sj/353/sectionc/martin.html>>. Acesso em: 10 ago. 2008.

ROBOLAB Revista. Curitiba: ZOOM Editora Educacional, 2003. 63p.

VALENTE, José Armando (Org.). Computadores e conhecimento: repensando a educação. Campinas: Gráfica Central da UNICAMP, 1993. 418 p.

ZILLI, Silvana do Rocio. A Robótica Educacional no Ensino Fundamental: perspectivas e práticas. 2004. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)— Programa de Pós Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <<http://icurriculartec.blogspot.com/2008/01/robotica-educacional-no-ensino.html>>. Acesso em: 10 ago. 2008.