

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

José Antônio Colvara Oliveira

Robótica como interface da tomada de consciência da ação
e do conhecimento do objeto, através da metacognição
como propulsora da produção do conhecimento.

Porto Alegre
2007

José Antônio Colvara Oliveira

Robótica como interface da tomada de consciência da ação
e do conhecimento do objeto, através da metacognição
como propulsora da produção do conhecimento.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias a Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Informática na Educação.

Orientador:
Prof. Dr. Antonio Carlos da Rocha Costa
Co-orientadora:
Profa. Dra. Cleci Maraschin

Porto Alegre
2007

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

O48r Oliveira, José Antônio Colvara

Robótica como interface da tomada de consciência da ação e conhecimento do objeto, através da metacognição como propulsora da produção do conhecimento [manuscrito] / José Antonio Colvara de Oliveira; orientador: Antonio Carlos da Rocha Costa; co-orientador: Cleci Maraschin. – Porto Alegre, 2007.

96 f. + Anexos.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

1. Robótica. 2. Educação. 3. Construtivismo. 4. Tomada de consciência. 5. Piaget, Jean. 6. Papert, Seymour. 7. Vygotsky, Lev Semiovich. I. Costa, Antonio Carlos da Rocha. II. Maraschin, Cleci. III. Título.

CDU: 371.694.3:681.3

Bibliotecária Elionara Giovana Rech - CRB 10/ 1693
Bibliotecária Neliana Schirmer Antunes Menezes - CRB 10/939
Revisão padrão BSE/FACED/UFRGS em 15.06.2008

José Antônio Colvara Oliveira

Robótica como interface da tomada de consciência da ação
e do conhecimento do objeto, através da metacognição
como propulsora da produção do conhecimento.

Aprovada em 16 de janeiro de 2008.

Prof. Dr. Antonio Carlos da Rocha Costa - Orientador

Profa. Dra. Cleci Maraschin - Co-Orientadora

Profa. Dra. Liane Tarouco

Prof. Dr. Luiz Antonio Moro Palazzo

Profa. Dra. Ana Carolina Bertolotti de Marchi

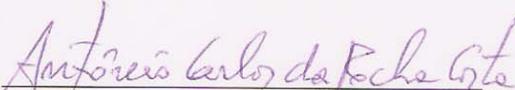


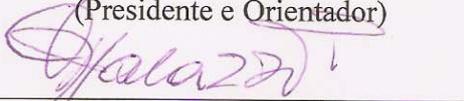
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

**Ata da Sessão de Defesa de Tese de Doutorado de
JOSÉ ANTÔNIO COLVARA DE OLIVEIRA intitulada**

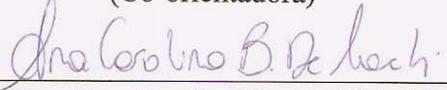
*Robótica como interface da tomada de consciência da ação e do conhecimento
do objeto, através da metacognição como propulsora da produção do
conhecimento*

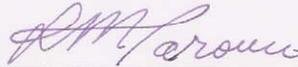
Às quatorze horas do dia dezesseis de janeiro de dois mil e oito, no Auditório do CINTED, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, realizou-se a Defesa de Tese intitulada *Robótica como interface da tomada de consciência da ação e do conhecimento do objeto, através da metacognição como propulsora da produção do conhecimento*, de autoria de **José Antônio Colvara de Oliveira**, sob a orientação do Prof. Dr. Antônio Carlos da Rocha Costa e co-orientação da Prof^ª. Dr^ª. Cleci Maraschin. A Banca Examinadora, composta pelos Professores Doutores Luiz Antônio Moro Palazzo, Ana Carolina Bertoletti de Marchi e Liane Tarouco, aprovou a Tese de Doutorado do aluno, que cumpriu com todos os requisitos e terá seu título de Doutor em Informática na Educação homologado pela Comissão de Pós-Graduação em Informática na Educação.


Prof. Dr. Antônio Carlos da Rocha Costa
(Presidente e Orientador)


Prof. Dr. Luiz Antônio Moro Palazzo
UCPEL


Prof^ª. Dr^ª. Cleci Maraschin
(Co-orientadora)


Prof^ª. Dra. Ana Carolina Bertoletti de Marchi
UPF


Prof^ª. Dra. Liane Tarouco
PPGIE/UFRGS

Dedico esta obra a meu filho,
meu maior orgulho,
que tem me proporcionado
as maiores alegrias de minha vida.

Agradecimentos:

- À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela idéia de criar este Programa de Pós-Graduação de Informática na Educação;
- Ao PPGIE, pela oportunidade de oferecer aos pesquisadores suas linhas de pesquisa;
- Aos professores das disciplinas que cursei, com os quais tive a oportunidade de conviver por breves, mas profícuos momentos;
- Aos meu orientadores, Dr. Antonio Carlos da Rocha Costa e Cleci Maraschin, pela bondade de aceitarem-me como orientando, por sua competência nas orientações e pelo privilégio de ter repartido comigo uma pequena parcela de seu conhecimento;
- Aos colegas com os quais privei durante estes quatro breves anos, em especial a Luis Otoni Meireles Ribeiro, por sua ajuda nos momentos em que o caminho se tornava mais íngreme;
- Aos professores da banca de qualificação, Mônica Estrazulas, Magda Berch e Rosane Nevado, cujas sugestões contribuíram decisivamente para o encaminhamento desta Tese;
- À minha nora, Isabel Castro Bonow, pelas sugestões e pela contribuição matemática;
- Aos alunos das aulas de robótica, que me fizeram como é possível um amanhã mais humano, apesar das máquinas e, às vezes, justamente por causa delas;
- Às escolas União, Érico Veríssimo, Contemporâneo, Mário Quintana, Castro Alves e Imaculada Conceição, que proporcionaram este riquíssimo campo de observação;
- A meu afilhado, Tiago Menna Franckini, pelas traduções;
- À minha Mãe, Maria Idema Colvara Oliveira, pela garra, tenacidade e perseverança e a meu Pai, José Dias de Oliveira (*in memoriam*), pelo exemplo de toda uma vida;
- À minha esposa, Maria Luiza Menna Oliveira, pelas idéias, pela orientação, pela paciência nos momentos de crise e pelo apoio nas horas em que tudo parecia difícil;
- A meu filho, José Menna Oliveira, meu orgulho, minha vida e meu maior estímulo, por tudo que só nós dois sabemos e, principalmente, pelo que não sabemos, mas.. sentimos.

Piaget, em 1927 (!), escreveu: *A criança moderna se move dentro de uma atmosfera de lógica e explicação científica. Não é por uma pressão dos pais, mas, simplesmente, por que hoje em dia o mero ato de atravessar uma rua impõe toda uma concepção de mundo.* (Piaget, 1995, p. 235)

Nada mais atual e conveniente para, 80 anos depois, iniciarmos esta Tese.

RESUMO

OLIVEIRA, José Antônio Colvara.a. **Robótica Como Interface da Tomada de Consciência da Ação e do Conhecimento do Objeto, Através da Metacognição Como Propulsora da Produção do Conhecimento.** - Porto Alegre, 2008. 96 f. + Anexos. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

Criar objetos e dar-lhes movimento, orientando como, quando e onde se mover, têm-se revelado atividades de interesse para todas as idades. A robótica é a concretização dessas várias ações. Estimulando a busca por soluções, proporcionando planejar e criar, envolvendo ações coordenadas, em grupo ou isoladamente, dividindo tarefas e repartindo o tempo, os sujeitos se envolvem de maneira tal que desperta a atenção dos observadores, sejam pais, professores ou estudiosos. Esta tese se desenvolveu passando por estes três pontos de observação, os quais nos levaram a buscar nas crianças, primeiramente, a construção que realizavam do conceito de robótica, passando pela busca da maneira que explicam, em robótica, o que aprendem, até chegarmos a uma gradação dessas atividades no estágio operatório formal. Desses três experimentos atingimos um patamar que nos proporcionou, através de um paralelismo com os estudos de Piaget sobre a tomada de consciência, elaborar uma proposta de formulação de dimensionamento dos mecanismos centrais da ação do sujeito e das propriedades intrínsecas centrais do objeto durante essa tomada de consciência, nas atividades de robótica.

Palavras-chaves: 1. Robótica. 2. Construtivismo. 3. Educação. 4. Tomada de consciência. 5. Piaget, Jean. 6. Papert, Seymour. 7. Vygostky, Lev Seminovich.

ABSTRACT

OLIVEIRA, José Antônio Colvara.a. **Robótica Como Interface da Tomada de Consciência da Ação e do Conhecimento do Objeto, Através da Metacognição Como Propulsora da Produção do Conhecimento.** - Porto Alegre, 2008. 96 f. + Anexos. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

Creating objects and making it move, choosing specifically how, where and when to move, have been revealing to be activities of interest to people of all ages. Robotics is the concretization of all this actions. Encouraging the search for solutions, opening possibilities for plans and creations, involving coordinated actions, in groups or lonely, dividing tasks and time, the individuals involve themselves in such a way that it calls the observers attention, not mattering if they are parents, professors or studios. This thesis has developed through these three observation points, which lead us to search in children firstly for their construction of the concept of robotics, then for their way of explaining, in robotics, what they learn, until we get to a grading of these activities in the formal operating stage. From these three experiments we have reached a level that has allowed us to elaborate a proposal of formulation of dimensioning of the central mechanisms of individual action and of the intrinsic central properties of the object during this taken of awareness, in the robotics activities, through a parallelism with the Piagetian studies about the taken of awareness.

Keywords: 1. Robotics. 2. Education. 3. Constructivism. 4. Taken of awareness. 5. Piaget, Jean. 6. Papert, Seymour. 7. Vygostky, Lev Seminovich.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O Aluno Ensina o Computador	45
Figura 2 – A robótica e um Nível a Mais de Abstração	45
Figura 3 – Interface Gráfica da RCS-6	56
Figura 4 – Janela de Programação do RoboLab	57
Figura 5 – Cancela Robótica já Montada	80
Figura 6 – Componentes Utilizados na Montagem da Cancela Robótica	80
Figura 7 – Posição do Pesquisador, do Sujeito e do Robô	81
Figura 8 – Primeira Etapa da Programação	82
Figura 9 – Segunda e Última Etapa da Programação	82
Figura 10 – Diagrama Piagetiano da Tomada de Consciência e do Conhecimento do Objeto	86
Figura 11 – Símbolo de Motor	88
Figura 12– Diagrama Ampliado Para a Dualidade de Objetos	89

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentuais Totais das Respostas	69
Gráfico 2 – O Que é um Robô?	69
Gráfico 3 – De Onde Vêm os Robôs?	69
Gráfico 4 – Para Que Servem os Robôs?	69
Gráfico 5 – Robô Tem Vontade?	70
Gráfico 6 – Robô Pensa?	70
Gráfico 7 – Robô Tem Vida?	70
Gráfico 8 – Robô Consegue Aprender?	70
Gráfico 9 – Percentual de Alunos Que Agiram no Estágio Operatório Formal, em Função das Idades.	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diferentes Uso do Computador na Educação	44
Tabela 2 – Reações Observáveis no Exame Clínico	65
Tabela 3 – Correlação das Respostas Observadas com a Tipificação Piagetiana	69

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. ESTRUTURA DO TEXTO	17
2.1.OBJETIVOS: geral e específico	18
2.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	20
2.3 JUSTIFICATIVA	21
3. FUNDAMENTAÇÃO: pressupostos teóricos	26
3.1 PIAGET E PAPERT: construtivismo e construcionismo	26
3.1.1 Construtivismo.....	26
3.1.2 Instrucionismo	27
3.1.3 Construcionismo	27
3.1.4 Trans-construcionismo	29
3.2. APRENDIZAGEM	30
3.2.1 Piaget e a Aprendizagem.....	31
3.2.2 Epistemologia Genética	32
3.2.3 Assimilação e Acomodação	32
3.2.4 Vygotsky e a Teoria Sociocultural da Aprendizagem.....	33
3.2.5 O Papel da Equilibração	34
4. METODOLOGIA	36
4.1 A PESQUISA QUALITATIVA	37
4.2 O MÉTODO CLÍNICO	38
5. TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO	40
5.1 A TÉCNICA	39
5.2 A EDUCAÇÃO VALENDO-SE DA TECNOLOGIA	41
5.3 HISTORIANDO EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA EDUCAÇÃO	42
5.4 INFORMÁTICA	43
5.4.1 Informática na Educação.....	44
5.5. ROBÓTICA	46
5.5.1 Robô	47
5.5.1.1 A Real Origem da Palavra	47
5.5.1.2 Tentativas de Definições.....	48
5.5.1.3 Nossa Proposta de Definição	49
5.5.2 Robótica Pedagógica: conceito, diferenciação, importância na educação.....	50
5.5.3 A Programação em Robótica	53
5.5.3.1 Linguagens de programação para robótica.....	54
5.5.3.1.1 Basic	54
5.5.3.1.2 Interfaces Gráficas de Programação.....	55
5.5.3.1.3 Logo.....	56
5.5.3.1.4 Imagine, Micromundos e Outros	57
5.5.3.1.5 RoboLab	58
5.5.4 Kits de Robótica.....	59
5.5.4.1 Componentes: estruturais, de controle, atuadores e sensores	59
5.5.4.2 Robôs Autônomos e Dependentes	60
5.5.4.3 Montagens Fixa, Livre e de Sucata	61
6. O 1º EXPERIMENTO: a construção do conceito de robótica em crianças	63
6.1 A REPRESENTAÇÃO DO MUNDO	63

6.2 INTERCORRÊNCIA DA REPRESENTAÇÃO DE MUNDO COM OS ARTEFATOS TECNOLÓGICOS	64
6.3 TIPIFICAÇÃO PIAGETIANA DE RESPOSTAS EM ENTREVISTAS	65
6.3.1 Confrontação das Respostas Com a Tipificação Piagetiana	70
7. O 2º EXPERIMENTO: como a criança explica o que aprendeu, em robótica	73
7.1 PRIMEIRA FASE: a observação sem o método	75
7.2 SEGUNDA FASE: a observação através de uma atividade padrão	76
8. O 3º EXPERIMENTO: a tomada de consciência	78
9. CONCLUSÕES	86
9.1 UMA PROPOSTA DE FORMULAÇÃO DE DIMENSIONAMENTO DOS MECANISMOS CENTRAIS DA AÇÃO DO SUJEITO E DAS PROPRIEDADES INTRÍNSECAS CENTRAIS DO OBJETO NA TOMADA DE CONSCIÊNCIA, QUANDO DA DUALIDADE DE OBJETOS.....	86
9.1.1 Piaget Êxito das Ações.....	86
9.1.2A Natureza Causal do Simbólico na Robótica	88
9.1.3 A Dualidade de Objetos.....	89
9.1.4 O Interesse na Robótica.....	89
9.2.ASSIMETRIAS SOLIDÁRIAS	890
9.2.1 A Ação Como Saber Autônomo.....	91
9.2.2 Esboço de uma Proposta de Dimensionamento	92
9.3 UMA PALAVRA FINAL	93
10. TRABALHOS FUTUROS	94
REFERÊNCIAS	98
ANEXOS	97

1. INTRODUÇÃO

O modo como se desenvolvem as atividades infantis é o arcabouço das oportunidades de contato com a realidade, com o mundo concreto e com distintos domínios do conhecimento. Disto resulta, proporcionalmente, maior ou menor desenvolvimento das capacidades de lidar com as situações presentes e futuras, o que, em última análise, pode se resumir num conceito seletivo de inteligência.

Novas idéias de como proporcionar a organização das atividades de aprendizagem surgem de tempos em tempos. Em 1908, Montessori (1965) advertia que o adulto devia abster-se de *fazer*, no lugar da criança; em 1916, Dewey (1995) afirmava que a aprendizagem deveria ser canalizada para atividades onde houvesse compartilhamento das experiências; em 1927, Freinet, (1998) assegurava que o princípio de cooperação deveria permear os processos de aprendizagem; em 1924, Neill (1975) testemunhava que a escola deveria se adaptar à criança e não o contrário; em 1957, Piaget (1994) declarava que a cooperação das crianças entre si tem uma importância tão grande como a ação dos adultos; em 1963, Freire (1983) certificava que o conhecimento não deveria vir de fora para dentro, como uma imposição, mas de dentro para fora; e, ainda nos dias de hoje, Papert (1994) reconhece a pertinência do construtivismo de Piaget e do instrucionismo formal, unidos no que denominou construcionismo.

Muito embora o passar dos anos tenha produzido novas interfaces educador/conteúdo/educando, as idéias apresentadas acima permanecem pertinentes com as novas tecnologias. E são justamente essas tecnologias que, a cada dia, mais e mais se apresentam como elementos proponentes de uma transformação imediata da maneira como abordamos nossos processos de relacionamento pedagógico, exigindo, de todos que estudamos a educação, um considerável esforço, o qual pode ser circunstanciado através de três tarefas básicas:

- a compreensão, não só do universo envolvido, como também da ferramenta proposta;
- a tradução dessas tecnologias em termos de utilização formal pelos agentes envolvidos; e
- a união das tarefas anteriores, através de várias ações simultâneas.

A experiência que se tem vivenciado em diversos países, iniciando pelo projeto pioneiro do Massachusetts Institute of Technology, através dos kits pré-configurados desenvolvidos pela equipe de Papert (1985), tem reforçado a idéia clara de que os benefícios apresentados com as novas

tecnologias com foco na educação-aprendizagem são inegáveis em termos de evolução dos aspectos cognitivos.

A utilização de softwares e hardwares, projetados especificamente para proporcionar uma interface entre a criança e a construção e programação, permite o surgimento de uma nova forma de aprendizagem, a qual traz, juntamente com sua experiência, o desenvolvimento da criatividade e da iniciativa. Isto pode ser verificado em ações de longo prazo, tais como o amplo estudo realizado por Papert (2007) no projeto conjunto do Ministério da Educação do Peru, a divisão Dacta da Lego e o Instituto Wernher von Braun, dos Estados Unidos. Nesta oportunidade foram analisados 1653 estudantes de 14 escolas. Os resultados obtidos quanto à língua pátria, tecnologia, auto-estima e coordenação foram considerados como surpreendentes, uma vez que revelaram avanços nas mudanças intelectuais cognitivas, especificamente nas áreas do pensamento, inteligência, criatividade e imaginação.

2. ESTRUTURA DO TEXTO

Para o acompanhamento da maneira como se desenvolveu esta tese faz-se necessária uma breve exposição sobre os três experimentos que a constituíram e que vieram, em linhas gerais, a ser espinha dorsal deste trabalho.

Foram três momentos que se mostraram, ao mesmo tempo, diversos e semelhantes. Diversos porque cada um abordou determinado aspecto do envolvimento de crianças em atividades de construção do conhecimento, e semelhantes justamente por que o objetivo maior sempre foi o mesmo: observar a ação de crianças durante a montagem e programação de robôs.

Justamente por estas duas atividades (montagem e programação), proporcionou-se ao pesquisador um campo extremamente fértil no sentido de observação e análise de variáveis, tais como colaboração, previsão e lógica.

Esta riqueza de situações se manifestou desde o lançamento da questão de pesquisa até a resposta da mesma, culminando com o lançamento de uma proposta de dimensionamento de particularidades da ação do sujeito na tomada de consciência, na situação específica de envolvimento com robótica e sua dualidade de objetos.

No 1º experimento, que denominamos *A construção do conceito de robótica por crianças*, procuramos complementar os estudos de Turkle (1989) que se concentraram no uso do computador. Utilizamos o método clínico e entrevistamos individualmente alunos do ensino fundamental.

No 2º experimento, desejávamos observar como a criança, em atividades de robótica, explica o que aprendeu. Então apresentávamos a uma criança, passo-a-passo, a montagem e programação de um pequeno robô e, logo a seguir, a mesma ensinava a um outro colega o que havia aprendido.

No 3º experimento, *A tomada de consciência*, desejávamos observar quando, como e em que grau se verificava a atuação do sujeito no estágio operatório formal. Para tanto elaboramos uma montagem de uma cancela robótica e apresentávamos à criança, pontualmente, questionamentos sobre a lógica envolvida na operação. O ponto final, justamente a observação da formalização, era quando, retirando do campo visual da criança a montagem, questionávamos sobre um determinado procedimento no robô que exigiria a intervenção no programa.

Da análise pormenorizada dessas três situações foi-nos possível propor um elenco de possíveis respostas aos questionamentos levantados na identificação do problema. Estas respostas

agrupamos no capítulo destinado às Conclusões, sobre o subtítulo de *Uma proposta de formulação de dimensionamento dos mecanismos centrais da ação do sujeito e das propriedades intrínsecas centrais do objeto na tomada de consciência, quando da dualidade de objetos.*

2.1 OBJETIVOS: geral e específico

O cenário no qual se delineou este estudo circunscreve-se na trajetória do autor, como educador, interessado pelo estudo do processo de construção do conhecimento, e envolvido diretamente com os avanços tecnológicos. Ao longo desta caminhada construíram-se e (re)construíram-se idéias e concepções sobre o aprender e sobre como as novas tecnologias poderiam proporcionar essa construção. Não como mais uma tecnologia a serviço do ensino e sim como o sujeito do conhecimento, em seu processo de aprender, se valeria de determinadas ferramentas na aprendizagem.

Procurou-se nesta trajetória construir um universo que possibilitasse a elaboração de uma tese sobre robótica pedagógica, mais precisamente, sobre os possíveis movimentos intelectuais que a robótica pode oferecer na construção do conhecimento.

Em meio as mais variadas possibilidades e situações que este universo pode oferecer, considerando a discussão e diálogos elaborados na fundamentação do presente trabalho, passou-se então a definir o fio condutor deste estudo. O próprio objetivo foi sendo construído na medida em que os estudos sobre as reações das crianças frente ao trabalho com robótica exigiam interpretação e análise nos mais diversos âmbitos das ações.

Crianças, quando montam e programam robôs, estão integradas com um domínio de conhecimentos que congrega a física, a geometria, a mecânica e a estética com diferentes desafios e suas várias tentativas de superação. Qual a diferença dessa atividade com outras atividades infantis?

Não é difícil, mesmo imaginariamente, ter-se uma idéia aproximada dos diversos fatores que diferenciam esta das demais tarefas com que se envolvem as crianças, como o futebol, a amarelinha, o xadrez e outras mais. Embora todas envolvam um forte sentido do imaginário, simulando, imitando ou mesmo representando, nota-se na robótica um acentuado aporte de envolvimento de criação, predição e previsão, acompanhados sempre da imprescindível atividade metacognitiva, ou seja, do pensar sobre o pensar, de agir em função de um projeto prévio de ação.

Papert relata a curiosa seqüência de expressões utilizadas por um menino ao término de uma atividade de robótica, ao responder sobre como havia sido a atividade: "Foi divertido. Foi muito difícil".

Uma professora que conhecia os alunos elucidou que “a criança queria dizer que tinha sido divertido *porque* tinha sido difícil. (Papert, 1997, p. 84).

Com base nas afirmações acima, podemos inferir que a mobilização interna em que estas atividades se concretizam é de magnitude tal que a efetividade do conhecimento produzido se manifesta em termos de um prazer o qual descreveremos nas abundantes situações surgidas na prática das atividades de robótica. Justamente é este prazer que supera as satisfações evocadas nas outras atividades lúdicas.

A criança que constrói e programa um robô, o qual irá chutar uma bola e com ela atingir determinado alvo mais adiante, realiza um rico conjunto de atividades. Essas atividades, além dos conhecimentos óbvios de matemática, geometria, mecânica e cinemática, envolvem também uma atitude de reflexão sobre sua própria ação, quando fosse, ela mesma, chutar a bola, tomando sua própria ação possível como objeto de reflexão.

Minsky formulou o que chamou de *Princípio Papert*, onde “Um dos mais cruciais passos no crescimento mental está baseado, não simplesmente em adquirir novas habilidades, mas em adquirir novas maneiras de usar o que já se sabe.” (Minsky, 1988, p. 102). Trata-se aqui de algo além do conhecimento sobre o desempenho (a ação da criança, ela própria, chutar uma bola). Mas sim, e mais profundamente, o surgimento do meta-conhecimento, ou seja, o conhecimento sobre o que ela já sabe sobre chutar uma bola. Este é o conhecimento que ela procura transferir ao robô construído para, enfim, efetivar a transposição do ato de ela própria chutar, para o ato desejado de que o robô execute a ação no lugar dela.

Passa-se então de um fim, para um meio. Aquilo que era uma finalidade, fechada em si e concluída na sua própria objetividade única de fazer o gol, passa a ser o meio, o método, a maneira pela qual se transmutará de pensamento em ação. Esta ação já, agora, não no próprio indivíduo gerador da idéia, mas sim, num objeto perfeitamente dissociado de seu íntimo e concretizado na figura mesma do robô.

Valendo-se das apropriadas ambientações construcionistas, como ferramentas, objetos e todo o arsenal possível e imaginável tal como blocos, cubos, engrenagem, eixos, motores, lâmpadas e sensores, o professor pode dispor desse tipo de atividade como substrato para proporcionar aos alunos oportunidades de interação com o mundo e suas representações, oferecendo caminhos para a tentativa de descobertas da melhor solução para a interação com o meio externo e a produção do conhecimento.

Ao lidar com robôs, as crianças (e os adultos), pela própria definição de robô (montagem e programação), direcionam sua atenção para duas instâncias, que, embora separadas, pertencem ao mesmo conjunto do objeto de sua ação: quando montam o robô precisam pensar como programar aqueles dispositivos e, quando estão programando, necessitam pensar como aquele comando irá afetar o robô. Esta idéia é a que norteará nossa proposta de responder aos questionamentos lançados no capítulo 4. Seu desenvolvimento encontra-se detalhado no capítulo destinado às conclusões, onde formulamos nossa proposta de dimensionamento desse momento de tomada de consciência.

Assim é que vemos hoje o surgimento de uma grande e abrangente área de utilização da tecnologia a favor dos processos cognitivos. A robótica vem a ser mais uma importante e moderna ferramenta que permite, nos meios de aprendizagem, o consistente ato de construir, criar e aplicar as novas tecnologias na solução de problemas cotidianos. Nesta utilização está o uso atrativo, não só do computador, mas dos mecanismos que o mesmo pode gerenciar, controlar, dominar e conduzir. Este uso, que se revela como um novo poder além do próprio eu, transubstancia-se então na noção de automatização, de inserção num ser diferente do eu, dos procedimentos que eu desejo que ele execute.

Isto posto, podemos partir para a identificação de nosso problema de pesquisa.

2.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

É em meio a este cenário que surge o problema a investigar, qual seja: questiona-se, então, se a robótica pedagógica poderá contribuir como uma ferramenta que auxilie o indivíduo no seu processo de antecipação das ações e suas conseqüências. Com isto estamos delegando um valor à robótica como ferramenta e instrumento de estimulação intelectual, favorecendo o raciocínio e o aprendizado.

Neste ponto da discussão levanta-se a proposição de que a robótica apresenta um diferencial para o sujeito no seu processo de construção do conhecimento e que o problema então apresentado desvela duas dimensões, as quais se apresentam de forma simultânea e bem definida: a *programação*, no computador e a *montagem*, no robô, com todos os elementos possíveis já apresentados no entorno deste universo e as interações destes com a ação do sujeito.

Posto o problema, passamos então a enunciar algumas questões que tencionam dirigir a investigação, no sentido da possível solução, quais sejam:

1. A atividade metacognitiva pode ser observada na montagem e programação de robôs?
2. Em que essa atividade favorece o processo de aprender?

Mantendo o fio condutor deste estudo, quando questionamos sobre a existência de uma situação diferente na robótica estamos inferindo que existe algo singular e que este algo favorece o processo de aprender, de onde derivam outras questões, como:

3. Por que esta situação é diferente?

4. Em que sentido é diferente?

2.3 JUSTIFICATIVA

A atração que a robótica desperta nas crianças justifica-se exatamente naquilo que o aspecto de multifuncionalidade (montar, programar) permite ao homem nas ações de criar, inventar, modificar, analisar, abstrair e novamente retornar ao ciclo inicial dando novas funções ao que anteriormente se apresentava de maneira diferente.

Desta maneira, com o presente trabalho, procuramos desvelar algumas características das atividades de robótica, que justificam sua atração pelos usuários e a caracterizam como uma ferramenta de aprendizagem justamente por favorecer e demandar a atividade metacognitiva, um pensar sobre o pensar para fazer.

Assim sendo, realizamos este trabalho utilizando pesquisa qualitativa e participativa através da observação de grupos de alunos executando projetos de robótica. Desta maneira tivemos oportunidade de, através de investigação bibliográfica dos autores anteriormente mencionados, notadamente Piaget e Papert, relacionar os conceitos teóricos com a prática observada, traçando sugestões e parâmetros para a aplicação da robótica em ambientes de aprendizado e avaliando competências e habilidades trabalhadas durante o processo.

Temos aqui, então, a idéia de que as tecnologias, como o caso específico da robótica, possam se constituir em ferramentas para a produção de conhecimento. Produção esta que, para este contexto, se dá via utilização dessas ferramentas, seja no sentido de desenvolver competências, seja no enfoque que objetiva a maior produção, ou até mesmo na questão política da ação. Não importa qual o viés, o fato é que isto se dá pela produção do conhecimento.

E é justamente essa produção que se faz acompanhar não só por novas taxionomias, mas, e isto é o que nos impulsiona no presente trabalho, sobre o entendimento que delas fazemos. Com isto queremos dizer que termos tais como robótica, inteligência artificial, programação de robôs e outros, que ao longo deste trabalho serão definidos e utilizados, surgem como elementos novos e estimuladores da pesquisa na rotina do dia-a-dia da pedagogia.

Não é outro o sentido com o qual procuramos nortear nossas buscas, como na noção das crianças à respeito do automatismo, da “vida própria” que, elas mesmas, introduzem nos objetos robóticos construídos, na maneira pela qual explicam o que aprenderam e também na maneira como ocorre a tomada de consciência neste tipo de atividades.

As possibilidades de aprendizagem com a utilização de montagem e programação de robôs podem ser resumidas em breves objetivos que envolvem aluno, máquina, professor, grupos e aprendizagem, quais sejam: estímulo da capacidade de efetuar relacionamentos entre uma proposta, sua possibilidade e sua consecução; raciocínio matemático e físico sobre experiências, muitas vezes inéditas, vivenciadas; trabalho em equipe; descrição do universo encontrado, vivido, experienciado e suas diversas conclusões; sistematização da realidade, através de observação e experimentação; conceitualizações a partir da prática; socialização de conhecimentos e procedimentos.

Todos estes objetivos somam-se, indelevelmente, aos inegáveis ganhos em socialização e espírito de trabalho em equipe, pois o envolvimento dos alunos na robótica os leva a gerarem participação ativa na formação de hipóteses, na investigação e na exploração de idéias. Estas ações levam à discussão e prática do pensamento, com avaliação de resultados e construção de argumentos. Os relacionamentos que se observam, envolvem e conduzem ao enfrentamento do erro e tornam esse erro, de um execrável conceito nas aulas convencionais, a um caminho para o acerto, sendo o ambiente da robótica um desses caminhos.

É incipiente, ainda, o uso da robótica na educação. Não obstante, considerado o fato de que na área tecnológica o tempo possui uma conotação diferente em relação às demais áreas, onde cinco anos significa o surgimento, apogeu e degenerescência de uma tecnologia, a robótica vem sendo estudada, relativamente, há bastante tempo. A motivação deste trabalho tem seus primórdios nos anos 60, onde Papert (1985) acurou seu foco de atenção para as considerações da lógica piagetiana em torno das relações entre o aprendiz e seu objeto. Ele mesmo declararia, após seu estágio em Genebra com o mestre, ter ficado enormemente inspirado pela imagem piagetiana da criança, particularmente pela idéia de que estas aprendem, e muito, sem serem ensinadas. Demonstrando seu encantamento pela maneira como e quando as crianças começam a lidar com computador, parecendo já saber que lhes pertencia, sabendo que o podiam dominar mais facilmente e mais naturalmente que seus pais, pois pertencem à geração dos computadores (Papert, 1997).

Mas também se via frustrado porque não encontrava nesses estudos a resposta sobre como criar condições para que mais conhecimento pudesse ser adquirido pelas crianças através da própria aprendizagem piagetiana sobre a criança como construtor de seu próprio conhecimento. Ao mesmo tempo em que concorda com a teoria piagetiana de que crianças são aprendizes inatos, também

pontua uma divergência: “Meu ponto de discordância com Piaget é quanto ao papel atribuído ao meio cultural como fonte desses materiais.” (Papert, 1985, p. 20). Justificando que, apesar de, em alguns casos, os materiais para construção (no sentido piagetiano) se apresentarem em volume suficiente, em outros casos haveria uma pobreza ou ausência de materiais, ou mesmo um bloqueio do uso dos mesmos, exemplificando o caso da matemática formal, onde a falta dos materiais formais é acompanhada por um bloqueio cultural. (Papert, 1985)

Estes dois sentimentos opostos, mas concorrentes, levaram Papert a criar, juntamente com Marvin Minsky, em 1964, o Media Laboratory, no prédio onde está o Laboratório de Inteligência Artificial do Massachusetts Institute of Technology. Trata-se de um ambiente de aprendizagem para crianças. Neste local brotaram as idéias do Logo e do Mindstorms, kit de peças específico para montagem e programação de robôs, que mais tarde viriam a se revelar no que hoje estudamos e, alguns, aplicamos, como robótica pedagógica.

Mesmo com todos os estudos de que temos oportunidade de tomar conhecimento, a informática na educação é ainda uma ciência com pouco tempo de uso e sua consolidação requer ainda um considerável período de análise, decantação e conclusões. Motiva-nos mais ainda nesse ambiente, ao qual temos dedicado bons anos de nossa vida na educação, a busca pelo desenvolvimento de uma nova cultura educacional. Provoca-nos a possível constatação de que a mudança cultural é um meio de produzir mudanças nos padrões de desenvolvimento intelectual. E o computador (e todas suas derivações) está, se não no centro, certamente no entorno, como auxiliar da maioria dessas mudanças.

A robótica na educação oferece um novo espaço de possibilidades pedagógicas. O que se nos apresenta, traduz-se num elenco de atividades possíveis, as quais se tornam reveladoras à medida que a prática se consolida como um modelo a mais de inserção no contexto educacional. A fantástica relação da criança com os objetos programáveis e manipuláveis traz em seu conjunto um arsenal de infindáveis situações nas quais se manifestam, mais viva e enfaticamente, as mais diversas contextualizações do processo de aprendizagem e produção do conhecimento. Tais como uma nova visão a respeito do planejamento de atividades, como um robô que necessita se deslocar sem cair de uma mesa, ou a prática concreta do relacionamento entre diversos tamanhos de engrenagens e a conseqüente obtenção de mais velocidade e menos força, ou qualquer das diversas combinações possíveis entre esses dois fatores, ou mesmo, no relacionamento social na divisão de tarefas que se constitui num micromundo onde os diversos fatores intervenientes tais como comando, obediência, política de relacionamento, concorrências, e outros mais, se multiplicam a cada instante no desenrolar das diversas tarefas.

Em nossa experiência de quase uma década no relacionamento com robótica e crianças, temos surgido, frequentemente, a ocorrência de que, sob um ponto de vista humanitário, e a despeito do que numa primeira abordagem possa parecer, a robótica, longe de transformar as pessoas em máquinas, as faz ainda mais humanas, sentimentais e sensíveis. E é justamente nessa experiência que nos surge o questionamento envolvendo a busca sobre como esse conceito evoluiu e foi pensado.

Então, no primeiro, dos três momentos desta tese, nossa busca se direcionou no sentido de desvelar como, nas crianças, esse conceito está sendo construído. Como se dão as relações das crianças com a construção de robôs. De que maneira se transformam em criadores e criaturas, perpassados por um espírito criativo poucas vezes visto em outras situações da vida diária. Invenção que se direciona incisivamente para as máquinas criadas ou em criação. Máquinas estas, motivos não só de atenção, dedicação e inteligência, mas de um lado emocional que se revela nas entrelinhas do chamado enlevo homem/máquina como criador e criatura.

Turkle também já apontara essa relação, que, em nosso caso, podemos perfeitamente ilustrar, substituindo a palavra “computador” utilizada pela autora, por “robô”:

Com o tempo, a criança aprende que a pedra cai devido à gravidade; as intenções não têm nada a ver com o assunto. E assim se constrói uma dicotomia: as propriedades físicas e psicológicas opõem-se em dois grandes sistemas. O físico emprega-se para compreender coisas, o psicológico para compreender pessoas e animais. Mas o computador é uma nova espécie de objeto – psicológico e, todavia, uma coisa... Os computadores, como objetos marginais na fronteira entre o físico e o psicológico, obrigam a pensar em matéria, vida e mente. (Turkle, 1989, p. 28).

Os pais que se preocupam com os sinais trazidos pelas novas tecnologias e com o que delas se pode esperar de bom ou de mau, sentem-se bombardeados no seu cotidiano com essas informações. São sinais que muitas vezes trazem a falsa idéia de que um futuro de humanos ciber-utópicos se implantará sobre a superfície da terra e que não haverá mais sossego com as máquinas dominando. No entanto, nossa experiência com crianças aprendendo através da robótica, na criação e na produção do conhecimento, nos revela que estamos no limiar de uma era em que o homem poderá refazer nas máquinas a sua esperança perdida ao longo dos séculos que se fizeram noite na escalada da inteligência. Os que acreditam na tecnologia como a maldade que dominará as ferramentas, se surpreendem, eles próprios, ao constatarem do que são capazes as crianças, elas sim, os utópicos crentes de um futuro melhor, mais rico de humanidade e pleno de organização e entendimento entre os homens, uma vez que parecem perceber que as máquinas, diferentemente de se colocarem contra o social, revelam-se como uma um produto do próprio social.

No entanto, como afirma Papert (1997), nem sempre as oportunidades são convertidas em vantagens. O que dispomos no momento é, em primeiro lugar, a constatação de que a aprendizagem é muito mais bem sucedida quando o aprendiz, o sujeito, o personagem principal, participa de maneira

ativa nas formas de aprendizagem. Em segundo lugar, um dos temas que temos nos dedicado a observar se constitui na quase totalidade de interações criativas e extremamente ricas, não só em conteúdo, mas em forma e sabor de vida, que se constitui na atividade lúdica, interativa e esplendidamente fulgorosa da criação de objetos produzidos pela própria criança. Objetos esses aos quais, através de programação, foi adicionada uma maneira de reagir frente a determinadas situações, que se traduz, ao final, em uma percepção viva, latente e pulsante.

3. FUNDAMENTAÇÃO: PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

O cenário anteriormente delineado, alicerçado num ambiente de tecnologia e aplicado, em nosso caso, à educação, notadamente no que esta oferece de possibilidades, perspectivas e suas contribuições para a aprendizagem, nos conduz à discussão de alguns conceitos e idéias que se fazem necessários para a imprescindível fundamentação teórica deste estudo. Assim é que, nos parágrafos seguintes, estabelecemos um diálogo teórico entre autores, que irão, à medida que este processo de construção se consolida, estabelecer o vínculo imprescindível entre experimentação e teoria, o que permitirá construir uma via de resposta ao que se apresenta como questionamento em transição.

Nossa escolha fundamenta-se em Piaget e Vygotsky, no que ambos oferecem como compreensão do funcionamento psicológico à luz de sua gênese e evolução. Outros autores surgirão, à seu turno, no sentido de fortalecer nossa exposição, ampliando a visão para pontos mais abrangentes, ao mesmo tempo procurando progressivamente centralizar o foco sobre nossa principal questão de trabalho. Assim é que procuraremos importantes contribuições não apenas no contexto mundial, como Papert e o construcionismo, mas também em âmbito nacional, com Valente e o uso do computador na educação.

Esperamos, de nossa parte, poder contribuir, no capítulo destinado às conclusões, através de uma extensão do quadro conceitual piagetiano a respeito da relação sujeito/objeto, no que concerne à robótica, principalmente a robótica pedagógica.

3.1 PIAGET E PAPERT: construtivismo e construcionismo

3.1.1 Construtivismo

O fundamento desta tese está alicerçado sobre a idéia de que o conhecimento não é algo que se possa transmitir, mas, sim, algo que o sujeito reconstrói, em maior, menor (ou nenhum) grau, na medida em que estabelece conexões entre seus esquemas de assimilação e os objetos do conhecimento que se constituem em distintos domínios de saber.

Quando lidam com robótica, os sujeitos têm essas conexões não só amplificadas, como também multiplicadas, como demonstraremos mais adiante, em nossa proposta de formulação dos mecanismos de ação ativados nesse tipo de atividade.

O entendimento de Piaget, ao conceituar *esquema de ação*, situava-se sobre o viés de ordenação das atividades em torno da visão de que as mesmas tivessem a possibilidade de ocorrer novamente, acrescidas de modificações, mesmo que em situações aparentemente semelhantes. Denominando *esquemas de ações* o que, na própria ação se mostrava passível de transposição, generalizável ou diferenciável na passagem de uma situação à próxima, seria então o fator que se repetiria quando uma mesma ação também se repetisse (Piaget, 1996). Essa repetição passou-se a denominar mais apropriadamente de recursão, uma vez que o fator da ação ocorre após uma modificação/acomodação.

Desta forma, temos então que o sujeito, através do seu agir em um mundo (exterior ou interior) se revela como o protagonista de sua própria aprendizagem, onde a interação entre ele e seu meio físico e social, ou entre ele e seus próprios referenciais, é a força motriz resultante da ação entre sujeito e objeto. E é exatamente desta ação que, invariavelmente, resultará uma reconstrução do seu entendimento do mundo em que vive. A esse conjunto de relações, sinteticamente apresentado aqui, costuma-se denominar como *construtivismo interacionista*, que veio a se constituir numa das mais significativas expressões da aplicação do entendimento deste estudioso a respeito da origem do conhecimento na criança.

3.1.2 Instrucionismo

Este termo foi cunhado por Papert, para especificar a diferença com o processo do construcionismo. Assim sendo, seria classificado como instrucionista o paradigma segundo o qual se utilizaria o computador como uma máquina de ensinar, diferenciada assim da máquina a ser ensinada, preconizada no construcionismo. Desta forma o computador praticamente exime o professor da tarefa de ensinar, passando a ter um pseudo controle sobre a referida tarefa.

3.1.3 Construcionismo

Papert estudou com Piaget, no Centro de Epistemologia Genética, de 1959 a 1964, tendo inclusive participado como co-autor de um dos Estudos de Epistemologia Genética, juntamente com Apostel e Grize, sobre a Filiação das estruturas.

Após este período, contribuiu com Marvin Minsky, para a criação do Laboratório de Inteligência Artificial, no Instituto Tecnológico de Massachusetts. Foi nessa instituição que aprofundou estudos,

partindo do construtivismo, em direção a nova tecnologia que se oferecia como uma atração, para uns inacessível, para outros desprovida de aplicação no mundo escolar, o computador.

Entusiasmado com a maneira como as crianças de todos os níveis cognitivos desenvolviam a aptidão para trabalhar com o computador, Papert perguntava-se, à respeito da maneira peculiar com que crianças aprendiam a lidar com o computador, se tal se dava devido a excepcionalidade já existente nelas próprias ou se esse caráter de desenvolvimento foi construído à partir dos meios que lhe foram propiciados. (Papert, 1994)

Sem deixar de admirar seu mestre Piaget e a idéia do construtivismo, onde os construtores se valiam dos materiais para sua construção, apresentou uma leve e discreta divergência na maneira como Piaget via esse protagonismo. Justificava esta posição quanto ao papel atribuído ao meio cultural como provocador das relações de conhecimento, (Papert, 1985) uma vez que há casos em que o material existe em abundância, e em outros não.

Tal seria o caso da matemática formal, onde haveria tanto uma falta de materiais formais quanto um “bloqueio cultural”, levando a teorias populares de inaptidões, construindo o conceito popular dos “matemáticos” e “não-matemáticos”, dos estudantes das “exatas” e das “humanas”.

Assim é que, nos anos 70, liderou a equipe que desenvolveu um ambiente de programação, o qual permitia ao usuário, de qualquer idade e de qualquer nível de relacionamento com o computador, poder se comunicar com a máquina. Esta interação era realizada no sentido de comandar ações a serem executadas por uma tartaruga, denominada por ele, como um “animal cibernético” (Papert, 1985).

As ações permitem desenhar figuras geométricas, colorir o centro das figuras e, através das diversas implementações de recursividade, proporcionar o movimento desta ao longo da área da tela do computador. Desta maneira a criança cria e controla um pequeno mundo dotado de grande riqueza e diversidade de conhecimentos como álgebra, geometria e ortografia.

Papert reconhece a pertinência do construtivismo de Piaget, onde o conhecimento não pode ser transmitido, e sim construído pela própria pessoa, e, cunha a expressão *Matética* como *a arte de aprender*, acrescentando ao construtivismo a idéia de que se formam conjuntos de construção. Justifica que um dos princípios matéticos principais seria aquele de que a construção do conhecimento se torna mais rica quando vinculada com algo concreto, manipulável, executável, “no mundo”. (Papert, 1994) .

Com a expressão “*no mundo*” intentava designar que o produto final do conhecimento poderia ser mostrado, discutido, examinado, sondado e admirado. Este “*no mundo*” está *fora*, não pertencendo apenas à constituição própria daquele que o formou. No construcionismo as crianças farão melhor

descobrimo por si mesmas o conhecimento específico de que precisam, auxiliadas por objetos para se *pensar-com*. O construcionismo, assim, é, menos do que uma divergência e mais do que um simples acréscimo, um avanço nas idéias construtivistas de que o conhecimento não é transmitido e sim re-elaborado e concretizado em objetos no mundo.

Através desse pensamento, Papert introduzia a noção de que a construção que se desenvolve intelectualmente é, muito frequentemente, melhor acompanhada e mais efetivamente absorvida, assimilada e apropriada, quando efetivada na construção de uma alternativa, onde, interpretando Piaget, afirma que aquele que aprende está sempre a construir novos conhecimentos (Papert, 1997).

Muitos anos depois da criação do Logo, Papert foi o cérebro por trás da criação do Mindstorms, o kit robótico de que nos valem em nossa pesquisa, sobre o qual testemunhou a existência da necessidade de um equilíbrio ideal entre construtivismo e instrucionismo, para chegar-se a uma perfeita equalização entre o fazer e o compreender daquilo que é feito. (Papert, 1997).

Simultaneamente teoria de aprendizagem e método de trabalho, o construcionismo se revela como a articulação resultante entre experiência, reflexão, projeção e assimilação, que se processam à medida que o conhecimento é adquirido.

3.1.4 Trans-construcionismo

Nas atividades de robótica o que se verifica é que o aluno executa suas ações sobre um robô, *através* de um computador, intermediado por uma ferramenta de programação. Isto nos leva a propor o termo trans-construcionismo, uma vez que se revela como um passo *além* do construcionismo, pois estabelece uma relação de pertinência que possui uma vinculação externa a simples ligação direta aluno-robô.

Acrescente-se a este procedimento o fato de que as vinculações se revelam de maneira bi-unívoca, ou seja, nos dois sentidos deste relacionamento. Com isto queremos dizer que, tanto o aluno pensa no programa quando age diretamente no robô, quanto pensa no robô quando age diretamente no programa.

O que se verifica, então, é que o processo de abstração atua seguramente no nível das abstrações pseudo-empíricas, referenciadas por Piaget (1995), nas quais o aperfeiçoamento progressivo das abstrações empíricas é obtido pela crescente riqueza das formas, uma vez que as reflexões do sujeito acrescentam, sucessivamente, as propriedades que passam a caracterizar o objeto.

3.2 APRENDIZAGEM

Tema obrigatório na fundamentação conceitual dos pensadores em educação, a aprendizagem constitui-se num processo em que se estabelece uma gradual apropriação de conhecimento, efeito da modificação das estruturas cognitivas.

Em todas as definições de aprendizagem, uma idéia que se repete é a de que não existe estática. Com isto pretende-se afirmar que, seja em que definição for, os procedimentos se sucedem de forma dinâmica, na personificação mais ampla e consistente da expressão *processo*: algo que se modifica em função daquilo que movimenta e que *o* movimenta, renovando-se a cada instante para operar em consonância com um futuro, um momento por existir.

Apresentamos a seguir um resumo das idéias de Piaget e Vygotsky sobre a aprendizagem. Justificamos nossa escolha por estes pensadores uma vez que ambos atribuem especial importância ao aspecto do comportamento do indivíduo, no que concerne ao modo como modificam a realidade e são, por ela, modificados. Ora, é este justamente o aspecto que nos interessa observar no envolvimento dos sujeitos na tarefa de montar e programar robôs, especialmente na tarefa de observar se existe, ou não, modificação substantiva na maneira como se desenvolve o comportamento do sujeito frente às intercorrências dessa atividade.

Assim é que, nas páginas seguintes, procuraremos estabelecer um diálogo conceitual entre esses dois autores, no sentido de que, não só os pontos coincidentes, mas também aqueles em que houver distanciamento, nos permitam tornar ainda mais situado nosso contexto da robótica pedagógica.

Apresentamos a seguir um paralelismo Piaget x Vygotsky a respeito do tema, destacando, para iniciar, a ênfase que ambos nos apresentam na historicidade como fator de relevância, muito embora, na visão de Piaget, essa visão temporal se encontre no sentido estrito, uma vez que assimilação e acomodação ocorrem ao longo de um certo tempo histórico, e ocorrendo no sentido lato no enfoque Vygotskyano, visto que resulta de um amplo processo histórico e cultural.

Acrescente-se ainda que, quanto à relação aprendizagem e desenvolvimento, apresentam visões sensivelmente diferenciadas, uma vez que para Vygotsky a aprendizagem é o motor do conhecimento e para Piaget é justamente o processo de desenvolvimento que permite explicar a aprendizagem.

3.2.1 Piaget e a Aprendizagem

A teoria genética, formulada por Piaget, defende a visão de que a aprendizagem e seus processos se estabelecem, relativamente ao parâmetro "tempo", nos momentos após os processos de desenvolvimento. Isto acarreta que estes processos se apresentam ligados, de maneira dependente do nível como as noções operatórias se encontram quanto ao seu desenvolvimento natural e espontâneo. E é justamente esse nível o fator determinante das possibilidades de aprendizagem dos indivíduos.

A abordagem que Piaget nos oferece apresenta, inicialmente, uma distinção do que chamou de sentidos estrito e amplo da aprendizagem. No primeiro, o processo único de produção do conhecimento seria a experiência. A esse propósito, ressaltava que, apesar da aprendizagem se dar em função da experiência, nem todo o resultado adquirido em função da experiência constitui uma aprendizagem, explicitando então que a aprendizagem é uma aquisição que ocorre em função da experiência e que se estabelece ao longo do tempo. Seria então mediata, para diferenciar de uma diversa concepção da mesma ser imediata, como a percepção ou a compreensão instantânea (Piaget, 1974).

Daí que nos parece conveniente destacar a importância do fator *tempo* na conceituação piagetiana, alertando para a implicação que o mesmo estabelece, uma vez que oferece claramente uma dicotomia comparativamente à percepção e à compreensão imediata. Diferencia-se, assim, a aprendizagem, da indução, uma vez que esta se apresenta como um controle sistemático, em oposição à não sistematização daquela, não obstante advirem ambas da função da experiência mediata.

Estabelecidos os seis fatores do desenvolvimento cognitivo (maturação, percepção, compreensão imediata, aprendizagem, indução, coerência pré-operatória e dedução), Piaget mostra a implicação de que existe uma relação interativa entre percepção e aprendizagem. Destaca, então, que essa relação só ocorre enquanto a análise sobre essa divisão teórica se dá no plano sincrônico, em que os acontecimentos ocorrem num tempo definido, lembrando que, diacronicamente, os relacionamentos, certamente, seriam diferentes, uma vez que a história de cada modo de aquisição se refere a outros modos.

Assim é que uma aprendizagem parte, sempre, de algo que já foi iniciado, ou seja, existe uma base que dá o substrato sobre o qual se apoiará o processo de aprendizagem. Este processo se verifica sobre diferenciações de esquemas anteriores, onde o conhecimento adquirido não será, jamais, uma simples gravação, mas sim uma sobreposição em níveis distintos de todo o conjunto de conhecimentos com os quais o indivíduo irá estabelecer suas relações.

3.2.2 Epistemologia Genética

A Epistemologia Genética vem contribuir com o presente estudo na medida em que analisa as relações que se estabelecem entre sujeito e objeto e o protagonismo deste mesmo sujeito em relação à produção de seu conhecimento, atuando sobre o objeto. Pois, para Piaget, conhecer é atuar frente ao que se apresenta como realidade. Não simplesmente uma atuação estática, encerrada nos limites restritos da concisão imediata, mas sim, num sentido dinâmico, em movimento, construtor e reconstrutor de seu entendimento sobre a realidade e de seu posicionamento frente a ela. A aprendizagem seria então, numa conceituação de caráter amplo, um processo adaptativo e operativo que se desenvolve ao longo do tempo, sendo essa adaptação uma função das modificações dos esquemas de assimilação em função dos desequilíbrios advindos da interação (Piaget, 1974).

Ainda nas concepções piagetianas sobre aprendizagem e conhecimento, interessa-nos mais de perto, objetivando as considerações finais que estabeleceremos nesta tese, a sua idéia de que existe, necessariamente, sempre um ponto não vazio, não destituído de prévio conhecimento, sobre o qual uma nova aprendizagem se constituirá. Dessa maneira, estabelece-se a relação entre sujeito e objeto, a qual se dá sobre esquemas anteriores. Uma aprendizagem não parte nunca do zero, sendo sempre resultado de uma diferenciação de esquema anteriores. O conhecimento adquirido por aprendizagem é, sempre, o resultado de uma organização interna que se expressa numa adaptação externa (Piaget, 1974).

3.2.3 Assimilação e Acomodação

Papel fundamental na formulação piagetiana sobre a aprendizagem, assimilação e acomodação são elementos constituintes de um processo essencialmente dinâmico, o qual se trava entre sujeito e objeto, potencializando o desenvolvimento cognitivo.

A adaptação é um equilíbrio entre os mecanismos de assimilação e acomodação. Esses dois mecanismos são indissociáveis e representam a assimilação da experiência às estruturas dedutivas, juntamente com a acomodação dessas mesmas estruturas ao resultado da experiência. Isto se dá de uma forma tal que o sujeito possa incorporar a si o objeto. A adaptação é função direta das diferenciações e complementaridades entre assimilação e acomodação. Isto é: quanto mais diferenciadas e mais complementares forem assimilação e acomodação, maior será a adaptação (Piaget, 2003).

Na robótica esta diferenciação se torna especialmente visível, conforme procuraremos demonstrar mais adiante, em nossa proposta de formulação para o dimensionamento do grau de intervenção dos mecanismos centrais da ação do sujeito.

3.2.4 Vygotsky e a Teoria Sociocultural da Aprendizagem

Contextualizada no materialismo histórico, pode-se entender a teoria de Vygotsky sobre aprendizagem como uma elaboração a respeito de como o homem transforma a natureza e, desta forma, transforma a si próprio. Um dos vínculos mais fortes que se estabelece, configura-se na relação entre aprendizagem e desenvolvimento. Nesta interação estaria o surgimento de processos internos, os quais se consolidam exclusivamente quando o sujeito interage com outros em seu ambiente. Daí surgiriam as internalizações constituintes do desenvolvimento independente. No entanto, dessa maneira, haveria diferenciação entre aprendizado e desenvolvimento. Para que resulte um desenvolvimento mental é necessário, portanto, que o aprendizado seja adequadamente organizado (Vygotsky, 1989).

Haveria então, uma defasagem temporal na relação entre os processos de desenvolvimento e os processos de aprendizado, onde aquele avançaria de forma mais lenta, donde resultaria o que veio a ser conhecido com o termo *zona de desenvolvimento proximal*. Este pensamento se faz acompanhar da hipótese de que *nunca* haveria paralelismo ou igualdade de medida entre aprendizado e desenvolvimento.

Vygotsky discordava da separação estabelecida por Piaget entre desenvolvimento e aprendizagem, uma vez que, assim colocados, retirava-se o manancial de modificações entre os termos, impedindo a questão da interação entre ambos, característica a cada faixa etária, onde justamente situava-se a abordagem vygotkiana.

A idéia que remanesce é de que existe uma analogia de duas direções estabelecida entre o desenvolvimento e a aprendizagem, proporcionando o entendimento de que há uma necessidade prévia de que determinadas aprendizagens se efetivem para a consumação do desenvolvimento.

Estará centrada na prática educativa uma das principais fontes desse movimento. A base para uma afirmação de tal tipo pode ser encontrada na sua lei de dupla formação dos processos psicológicos superiores (Vygotsky, 1977), onde todas as funções apareceriam duas vezes no desenvolvimento da criança: nas atividades sociais, como funções intersíquicas e nas atividades individuais, como propriedades internas do pensamento, na forma de funções intrapsíquicas.

Desta forma fica, então, destacado o componente social que permeia toda a conceituação de aprendizagem, pois ativa na criança, dentro do seu processo de relação com as outras, os processos internos que irão se converter em aquisições internas.

Assim como Piaget apresentou a sua teoria da assimilação e acomodação, Vygotsky formulava a bi-direcionalidade entre aprendizagem e desenvolvimento, ou seja, como para Piaget para cada assimilação corresponde uma acomodação, para Vygotsky o desenvolvimento depende da aprendizagem e a aprendizagem depende do desenvolvimento.

O relacionamento entre aprendizagem e desenvolvimento, estabelecido por Vygotsky, amplifica as origens destes processos em que ambos já se encontram ligados desde os primeiros dias de vida da criança (Vygotsky, 1991).

Estaria, então, a aprendizagem conceituada como não sendo, para utilizar o exato termo de Vygotsky, “em si mesma”, desenvolvimento, mas tendendo à produção do mesmo, o qual, por sua vez, não se processaria sem a aprendizagem. Nas palavras de Vygotsky a aprendizagem é “um momento intrinsecamente necessário e universal para que se desenvolvam nas crianças essas características humanas não naturais, mas formadas historicamente.” (Vygostky, 1991, p. 47).

Com isto se estabeleceria a base que nos permitiria diferenciar o aprendizado de um mesmo assunto, comparativamente em pessoas de idades diferentes, como um adulto e uma criança, explicando-se, justamente, pelas diferentes relações das próprias aprendizagens, com relação dos processos de desenvolvimento.

Estes processos, obviamente, diferem na criança e no adulto, bem como, por extensão, diferem de pessoa para pessoa, num sentido mais genérico. Assim sendo, não existe coincidência entre desenvolvimento e aprendizagem, e sim uma seqüência do primeiro sobre o segundo (Vygotsky, 1991)

3.2.5 O Papel da Equilibração

Para Piaget, a equilibração permite explicar a formação do conhecimento através da explicitação de um processo que transforma diversos estados de equilíbrio, desequilíbrio e novos re-equilíbrios. A expressão “novos” implicando “melhores” equilíbrios, o que o levou a cunhar a expressão “equilíbrios majorantes” (Piaget, 1976-a).

Assim sendo, estabelece os postulados os quais constata que os elementos exteriores e compatíveis com o esquema de assimilação tendem a serem incorporados por esse, e, numa segunda

constatação, que existe uma obrigação de acomodação a qual todo esquema de assimilação é submetido, não havendo, no entanto, perda de continuidade.

Uma abreviação muito sintética poderia ser formulada através da idéia de que o desenvolvimento cognitivo é o resultado da ultrapassagem ocorrida entre níveis de equilíbrio inferiores para níveis superiores, estabelecidos entre o sujeito e o meio, os quais são processados através da interação entre assimilação e acomodação.

Estabelecidos estes pressupostos teóricos, passamos então a apresentar, detalhadamente, a aplicação dos mesmos aos três experimentos realizados ao longo desta tese.

4. METODOLOGIA

Preocupados com a forma pela qual se dava a produção do conhecimento nas atividades de robótica, realizamos, ao longo do Curso de Doutorado, três experimentos. Inicialmente, antes de estabelecer um foco único para nossa pesquisa, observávamos as relações inter e intra-grupais que se desenrolavam nas atividades. Posteriormente, fechamos um pouco mais nosso foco para buscar uma compreensão sobre qual a noção que as crianças possuíam sobre robótica. Esta etapa da pesquisa foi realizada com crianças que não faziam parte de nossas atividades com robótica, ou seja, com grupos de indivíduos que não tinham um contato diário com robótica.

Finalmente, fechando ainda mais o foco na atividade de robótica propriamente dita, despertou-nos o interesse, de forma sensível, aquilo que veio a se tornar o foco principal desta tese: a característica dual da resolução de problemas em robótica, ou, mais precisamente, como as crianças direcionavam sua atenção, quando um determinado problema surgido no robô, exigia a intervenção, não nesse, mas, no programa que o fazia executar suas tarefas. Note-se que estamos frente a uma situação que se revela extremamente rica em peculiaridades, ainda mais quando se observa que as ações dos indivíduos devem ser direcionadas, constantemente, em duas direções (o robô e o programa), e que, não obstante este fato, os resultados se revelarão, unificados, no robô.

Para isolar especificamente esta situação, a dualidade de atenção exigida nas situações específicas, organizamos uma atividade de montagem de robô em que, no seu desenrolar, faria surgir a necessidade de uma intervenção não no robô, mas no programa que estava no computador. Com este isolamento da variável "atenção do aluno", verificaríamos com que frequência o sucesso era atingido e em que níveis (piagetianos) o mesmo seria verificado.

Situações semelhantes, no que concerne à frequência e ao nível, já haviam sido fartamente estudadas por Piaget e seus pesquisadores, (Piaget, 1977; 1978). Procuramos, então, realizar observações, se não semelhantes, pelo menos próximas ao objetivo de Piaget, agora não mais com cartas, espelhos e dominós, mas com robôs, observando a tomada de consciência e destacando os sucessos entre conseguir e compreender.

Como ferramentas para a realização deste trabalho, utilizamos, no que se refere ao tratamento e condução das observações, a Pesquisa Qualitativa e o Método Clínico.

4.1 A PESQUISA QUALITATIVA

Para uma compreensão particular dos significados e, principalmente, objetivando centrarmos o foco na especificidade do fenômeno estudado, resolvemos valer-nos da pesquisa qualitativa, no que esta nos oferece como método que, se por um lado, afasta-se da estatística matemática, por outro, e este é o que nos interessa, aproxima-se, e muito, das descrições e conexões causais objetivas, resultantes da observação do experimentador.

Utilizamos esta metodologia, no sentido principal definido por Minayo (1998, p. 10) como aquela “capaz de incorporar a questão do significado e da intencionalidade como inerentes aos atos, às relações e às estruturas sociais, sendo estas últimas tomadas, tanto no seu advento quanto na sua transformação, como construções humanas significativas.”

Assim sendo, ao optarmos por esta metodologia, procuramos acentuar nossa preocupação quanto aos aspectos descritivos, dedutivos e inferenciais, acompanhados do estudo das percepções pessoais, embasados pela indispensável fundamentação teórica. Nos dados qualitativos podemos encontrar a riqueza de detalhes descritivos que apresentam de maneira abrangente os aspectos fenomenológicos em toda a sua complexidade no seu contexto natural.

Nosso posicionamento sobre a questão de crianças lidando com robótica, se aproxima dos comentários registrados por Lüdke (1986, p. 4):

Os fatos, os dados não se revelam gratuita e diretamente aos olhos do pesquisador. Nem este os enfrenta, desarmado de todos os seus princípios e pressuposições. Ao contrário, é a partir da interrogação que ele faz aos dados, baseada em tudo o que ele conhece do assunto – portanto, em toda a teoria acumulada a respeito - que se vai construir o conhecimento sobre o fato pesquisado.”

Bogdan; Biklenn (1994) apresentam cinco características principais da investigação qualitativa¹:

1. Na investigação qualitativa a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal.
2. A investigação qualitativa é descritiva e analítica, cuja análise se dá pelo modelo teórico proposto.
3. Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos.
4. Os investigadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de forma indutiva.

¹ Na edição portuguesa, que utilizamos, o termo *research* foi versado como *investigação*, o que, para manter a fidelidade à obra, não alteramos, muito embora seja corrente no Brasil o termo *pesquisa*, sendo este, ademais, o termo que utilizaremos ao longo de nosso trabalho

5. O significado é de importância vital na abordagem qualitativa.

Destaca-se, então, a importância da pesquisa qualitativa, conforme Minayo (1998, p. 134):

- (a) compreender os valores culturais e as representações de determinado grupo sobre temas específicos;
- (b) compreender as relações que se dão entre atores sociais tanto no âmbito das instituições como dos movimentos sociais;
- (c) avaliação das políticas públicas e sociais tanto do ponto de vista de sua formulação, aplicação técnica, como dos usuários a quem se destina.

Desta maneira é que, ao longo dos trabalhos de campo em que se dividiu esta tese, utilizamos das diversas estratégias da investigação qualitativa.

Nos momentos em que estudávamos os sujeitos nas atividades de robótica, nos encontros semanais onde não havia um planejamento formal de qual aspecto precisamente observar, valemo-nos da *observação participante*, conforme definida por Lüdke (1986): “[...] uma estratégia que envolve, pois, não só a observação direta mas todo um conjunto de técnicas metodológicas pressupondo um grande envolvimento do pesquisador na situação estudada.”

Quando utilizamos um roteiro de questionamentos a serem destacados, objetivando captar qual o entendimento da criança a respeito dos robôs, utilizamos a *entrevista semi-estruturada*, a qual “[...] se desenrola a partir de um esquema básico, porém não aplicado rigidamente, permitindo que o entrevistador faça as necessárias adaptações.” (Lüdke, 1986, p. 34).

Neste ponto da pesquisa, a aplicação do método teve seu foco alicerçado no Método Clínico de Piaget.

4.2 O MÉTODO CLÍNICO

Como nosso desejo maior era observar o curso do pensamento da criança durante as atividades de montagem e programação de robôs, valemo-nos do método clínico de Piaget, ou “método crítico”, conforme o autor rebatizou o método no prefácio à terceira edição de *O juízo e o raciocínio na criança*, citado por Delval (2002, p. 65). Essa utilização focou-se principalmente na adaptação do método às características próprias das situações que se apresentavam. Adaptação essa que o próprio Piaget implementou nos diversos aprimoramentos de seu método, conforme as quatro etapas propostas por Vinh-Bang, citado por Delval (2002, p. 55), que são:

- 1- o período de elaboração do método, de 1920 a 1930, quando se estabeleceu a constatação dos fatos em torno de como a criança via o mundo;
- 2- o período da observação crítica, de 1930 a 1940, quando se desenvolveram as pesquisas de Piaget sobre a inteligência e sua origem;
- 3- o período do método clínico e formalização, de 1940 a 1955, quando surgiram as constatações das etapas concreta e formal nas atividades mentais de manipulação de material; e

4-o período final, com as observações e constatações a partir de 1955." (Delval, 2002, p.55).

A utilização desse método permitiu-nos caminhar com mais segurança no sentido de melhor compreender a forma como os sujeitos representavam as diversas situações e organizavam as ações daí decorrentes. Utilizando este procedimento de coleta e análise de dados, foi-nos possível compreender como os sujeitos percebem determinados fenômenos e que teorias a respeito do mesmo são por eles elaboradas.

Este suporte metodológico permitia-nos, ao propor aos sujeitos uma discussão sistematizada, perceber o grau de equilíbrio entre as ações e os problemas sugeridos, ao mesmo tempo em que examinamos como resolvem certas tarefas e de que maneira explicam o que acontece.

Ao longo dos diferentes experimentos propostos aos sujeitos, procuramos criar situações que apresentavam alguma dificuldade na sua consecução, estimulando assim a explicação por parte do sujeito observado.

Partimos do princípio, referendado por Delval (2002, p. 35) de que "[...] uma situação ou uma tarefa será tanto melhor [para estimular a explicitação do pensamento por parte do sujeito] à medida que permitir mais facilmente que o sujeito revele os caminhos que o levam a encontrar uma determinada solução ou a dar uma resposta." Nossa estratégia, seguindo os princípios acima, foi então a de criar situações, através de propostas de montagem e programação de robôs, e observar como os alunos se saíam para explicar o que ocorria diante de seus olhos.

O valor dessa metodologia está no fato de evidenciar a forma como a realidade é tratada pelo sujeito, revelando-nos quais as operações de que ele é capaz de realizar.

Nosso estudo se desenvolveu ao longo de três fases, as quais se individualizaram, menos por um desejo nosso e mais pela própria seqüência quase autônoma que tomaram os acontecimentos ao longo destes quatro anos de pesquisa metódica e acompanhada. Achamos oportuno dividir a trajetória dessa maneira, porque nos permite, não acima de tudo, mas, justamente por causa de tudo, apresentar e detalhar as maneiras como cada fase se apresentou e o enfrentamento que nos foi necessário utilizar em cada uma delas, com o seu devido tratamento metodológico e a necessária análise qualitativa. Imprescindível registrar que as duas primeiras fases nos conduziram a terceira e última, que se tornou, então, o motivo principal desta tese.

Apresentamos a seguir um breve apanhado sobre a tecnologia na educação, com a intenção de preparar o terreno metodológico para a descrição detalhada dos três experimentos referenciados acima.

5. TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO

5.1 A TÉCNICA

Tão antiga quanto o próprio homem, e, mais do que isto, refletora da própria condição humana, traduzindo em seu desenvolvimento a própria evolução da espécie, a tecnologia nos oferece, desta maneira, através de sua história, a visão da própria história da humanidade.

A evolução dos meios de comunicação e processamento da informação oferece, cada vez mais potentes instrumentos para os que deles podemos dispor. Não nos cabe aqui ponderar até onde, em termos sociais, se dá a abrangência desses meios. Interessa-nos, mais, considerar uma pequena análise em torno de suas potencialidades, alicerçando-nos numa breve retrospectiva histórica de seu desenvolvimento, para, ao final, registrar uma síntese do quanto a robótica se integra nesse contexto.

Nos gregos, notamos que a arte e a habilidade estão encerradas no prefixo *techno*, onde o conhecimento científico se oferece como uma ferramenta para facilitar, provocar ou gerar o conhecimento.

Em Heidegger (1958), chegamos na diferenciação técnica/techne, como sendo, a primeira, a utilização prática dos artefatos e a segunda, como o conhecer no ato de produzir, ambas culminando, no entanto, como um dos mais perfeitos exemplos da manifestação humana e de sua indelével marca sobre a história.

Produto da sociedade e da cultura, mesmo que formulada e desenvolvida por indivíduos, a tecnologia espalha-se e difunde-se por grupos que se organizam ao redor de seus resultados ou das facilidades que ela oferece. O uso que dela resulta, depende, quase sempre, da própria vontade humana, podendo, como na energia nuclear, atingir sentidos diametralmente opostos. Sendo por si própria neutra, imparcial e isenta, a tecnologia tem seu uso condicionado às políticas, idéias, conceitos, projetos e interesses.

A perspectiva de quem analisa também é um ponto importante a ser considerado: 'Uma técnica não é boa nem má (isto depende dos contextos, dos costumes, dos pontos de vista), nem neutra (já que ela é condicionante ou constringente, já que ela abre aqui e fecha acolá o leque de possibilidades).' (Levy, 1997, p. 123).

A *techne* é um conhecimento que se insere no nível individual, faz parte do cotidiano, e pode ser considerada como portadora de um saber vinculado de maneira direta à prática do indivíduo, um

saber implícito, não documentado, o qual se encontra circunscrito a um restrito enfoque atitudinal, que não é transmitido de maneira fácil.

Também concernente ao conhecimento, mas de maneira oposta à *techne*, a *episteme* revela-se como o saber alicerçado em rígidos princípios que fornecem a base para a dedução lógica, onde imaginação ou acaso são fatores completamente excluídos.

O uso da tecnologia, para o bem ou para o mal, possuam estes termos o sentido que lhes quisermos dar, transforma-se numa discussão muito menos a respeito da própria tecnologia e muito mais sobre aqueles que dela se utilizarão. “Em suma, o que precisa estar claro é que pretender ‘abrir a caixa preta da técnica’, implica, necessariamente, em ter de abrir também ‘a caixa preta da sociedade.’” (Benakouche, 1989).

5.2 A EDUCAÇÃO VALENDO-SE DA TECNOLOGIA

Da mesma forma como brevemente referenciamos a tecnologia no seu sentido geral, no sentido mais estrito a mesma teve sua aplicação praticamente de maneira concomitante na educação. Ao longo dos tempos o homem tem se valido das descobertas da ciência e do impulso oferecido pelos artefatos inventados para trazê-lo de uma maneira ou outra, para os métodos e práticas da educação.

Não ignoramos que técnicas primitivas, como giz e quadro negro, ainda hoje são utilizadas, como também não podemos deixar de concordar com a aplicação quase imediata das novas descobertas tecnológicas, como a educação à distância, para citarmos apenas uma. O que se pode discutir, mas este não é nosso propósito, é em que grau chegam, ou se chegam estas novas tecnologias aos mais diversos recantos onde a educação se propaga.

Como ferramenta para a educação, a tecnologia se coloca, então, numa encruzilhada de possibilidades: ou é utilizada para tornar a educação ainda mais técnica, ou permite uma mudança no paradigma instrucionista, que analisamos anteriormente. O paradoxo desta segunda hipótese é referendado por Papert (1994, p. 55):

Se isto ocorresse, eu contaria com uma mudança muito maior do que o surgimento, em cada carteira, de um computador programado para conduzir o estudante através dos passos do mesmo velho currículo... O que é necessário é reconhecer que a grande questão no futuro da Educação é se a tecnologia fortalecerá ou subverterá a tecnicidade do que se tornou o modelo teórico e, numa grande extensão, a realidade da Escola.

5.3 HISTORIANDO EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA EDUCAÇÃO

Não obstante associar-se, de imediato, tecnologia a computadores, é evidente que, mesmo sendo um dos principais exemplos da utilização da tecnologia, essa de maneira alguma se limita a este artefato.

Cada passo dado no avanço das inovações tecnológicas, certamente correspondeu, paralelamente, ao equivalente à sua adaptação nas atividades educacionais. Isto se aplica desde a descoberta da precipitação do carbonato de cálcio pela atuação de microorganismos, dando origem ao giz, até as recentes implementações da tecnologia digital aliada a tela sensível ao toque, inteligência artificial e software colaborativo, que se traduzem no quadro eletrônico.

Esta caminhada sem fim passa, naturalmente, pela robótica pedagógica, na qual alunos montam e programam artefatos, os quais adquirem movimento e reagem a estímulos externos, necessitando, para tanto, planejamento, organização, colaboração e conhecimento, não necessariamente nessa ordem.

O giz e a lousa, ou quadro negro, podem ser considerados os primeiros artefatos tecnológicos utilizados na educação, uma vez que permitiam uma primitiva esquematização da apresentação dos assuntos, o registro e exposição gráfica das idéias, aliados ao aspecto de que podiam ser apagados e novas apresentações iniciadas.

Para constituição da superfície a receber a escrita, a tecnologia também se fez necessária. Inicialmente foi utilizada Ardósia, rocha metamórfica, composta de argila ou cinzas vulcânicas a qual foi formada através da constituição de inúmeras camadas. Sua principal característica física é a possibilidade de, dela, obterem-se folhas suficientemente finas para serem utilizadas como pavimentos, fachadas, tampos de laboratórios e, devido a sua leve rugosidade, torna-se extremamente propícia para receber o giz como instrumento de registro de informações.

Devido aos seus constituintes, suas cores naturais são preta ou verde escuro, originando-se daí sua denominação de quadro negro. O giz, a ferramenta utilizada para registrar no quadro negro as informações, é constituído atualmente do mineral gipsita, conhecido pelo nome de sulfato de cálcio, o qual é comprimido até adquirir a forma com que o conhecemos. A sua qualidade que mais o predispõe para o uso que dele fazemos é possuir um fator de desagregação tal que permite, moderadamente, o abandono de suas partículas sobre uma superfície devidamente áspera, variando esse abandono em função da pressão que lhe for exercida sobre a superfície.

Patenteado, em 1876, por Thomas Edison, o mimeógrafo se revelou como uma tecnologia que oferecia à educação um meio de impressão múltipla, rápido e econômico, além de um uso relativamente fácil, não obstante, em muitas escolas, terem sido designadas pessoas exclusivamente para operar o novo aparato tecnológico que surgia. É composto basicamente de uma matriz original, denominada mais tarde como *stencil*, composta por duas folhas. Sobre a primeira folha, mais fina, escrevia-se à mão ou utilizando a máquina de escrever; a pressão da caneta ou da tecla fazia com que esta primeira folha recebesse da segunda, uma parcela da cera em forma de tinta. Normalmente inutilizada, a segunda folha era retirada e colocava-se a matriz sobre um cilindro constantemente umedecido no álcool, que progressivamente diluía a tinta dos caracteres grafados, imprimindo-os nas folhas brancas que se deslocavam sobre a bandeja de impressão.

O retro-projetor veio a ser um grande facilitador para os processos educacionais, uma vez que, através de sua potente iluminação, permitia a ampliação do material a ser apresentado. É composto de uma lâmpada potente, a qual ilumina um grande lente, chamada Fresnel, sobre a qual se coloca a transparência. A imagem formada é projetada sobre uma nova lente que, por sua vez, envia os raios luminosos a um espelho, que, finalmente, direciona a imagem para a superfície sobre a qual deve ser projetado o produto final. O retro-projetor permite uma grande interação do operador, uma vez que é possível desenhar-se sobre a transparência, ou mesmo, através de justaposições de apontadores ou outras transparências, modificar-se o que está sendo apresentado.

Outras tecnologias ainda antecederam a aplicação do computador, como o projetor de slides e outros sistemas de reprografia, mas, inegavelmente, com o surgimento da informática, a tecnologia deu um salto significativo no sentido de proporcionar novos e mais poderosos meios de facilitar a educação.

5.4 INFORMÁTICA

A informática, concebida como a tecnologia de tornar as informações disponíveis de forma automática, ou, mais precisamente, disponibilizá-las de forma mais rápida e eficiente, teve seus primórdios nos estertores da segunda guerra mundial. Foi quando ocorreram as implementações de máquinas eletrônicas de cálculos balísticos, como o ENIAC, em 1946, ou ainda, não completamente eletrônicos, mas também destinados aos problemas decorrentes da guerra, como o Colossus, que se propunha a decodificar as mensagens alemãs criptografadas.

Sobre a origem da palavra, apesar da vertente conceitual de que a mesma significa *informação automática*, divulga-se nos meios da tecnologia a versão de que a mesma tem sua origem numa expressão criada em 1962, por Philippe Dreyfus, com a conjunção da palavra francesa *information*

com derivações sufixais como *mathématique* ou *electronique*, resultando então, *informatique*. A wikipedia francesa confirma a origem do nome, registrando ainda que o termo foi proposto à Academia Francesa e aceito em 1967, passando oficialmente a identificar "*domínio dos conceitos e outras técnicas empregadas para o tratamento automático da informação.*" Mesmo assim, a própria wikipedia, agora em português, registra o termo como tendo surgido pela primeira vez no jornal alemão criado por Karl Steinbuch, em 1957, chamado: *Automatische Informationsverarbeitung* ("Informática: processamento automático de informação").

5.4.1 Informática na Educação

Apresentamos anteriormente alguns aparatos tecnológicos que tiveram seu uso largamente aplicado na educação. A informática não poderia ser diferente. No entanto, provavelmente, nunca antes uma implementação recebeu uma crítica tão grande e um estudo tão minucioso quanto às iniciativas de aplicar este novo invento à educação.

Um dos estudos mais amplos e sistematizados de que se tem conhecimento, a respeito da utilização de computadores na educação, é o de Valente (2007-a), que se estende não só na ampla bibliografia que produziu e ainda produz, mas também, e principalmente, pelo núcleo de estudos que ajudou a criar e dirigiu até pouco tempo atrás.

Este autor formaliza uma diagramação da abordagem pedagógica envolvendo computadores, alunos e softwares. Apoiados nessa idéia, teríamos, então, dois dos principais usos do computador na educação.

Um deles apresenta o sentido no qual se propaga o vetor educação, partindo do computador, passando pelo software e chegando até ao aluno. Seria um exemplo da *instrução auxiliada por computador* (Computer-Aided-Instruction-CAI). Neste caso, a utilização do computador se dá simplesmente em substituição ao material didático convencional, como livro e cadernos. O outro uso do computador na educação seria aquele em que o sentido do vetor educação parte do aluno, passando pelo software e chegando até o computador (Valente, 2007-a).

Resumindo, o que se observa das duas proposições apresentadas é que dispomos, de um lado, de uma abordagem onde o computador, por meio do software, ensina o aluno e, de outro lado, o aluno, através do software, ensina o computador.

Para uma síntese da categorização do uso do computador na educação proposta por Valente (2007-a), apresentamos a seguir nossa sistematização:

O computador como máquina de ensinar	Programas tutoriais	Versão computacional da instrução programada Vantagens: animação, sons, necessita pouco treino Desvantagens: difícil desenvolvimento, Exemplo: SOPHIE, circuitos elétricos
	Programas de exercício e prática	Para revisar material visto em classe Vantagens: feedback imediato, gráficos e sons Desvantagens: difícil detectar porque o aluno errou Exemplo: Alien Intruder
	Jogos educacionais	Exploração autodirigida Vantagens: a criança aprende melhor quando é livre para descobrir relações por ela mesma Desvantagens: a competição pode desviar a atenção da criança do conceito envolvido no jogo Exemplo: Rocky's boot
	Simulação	Criação de modelos dinâmicos e simplificados do mundo real Vantagens: evita os riscos de uma experimentação real Desvantagens: dificuldade de desenvolver Exemplo: Odell Lake
O computador como ferramenta	Aplicativos para o uso do aluno e do professor	Processador de textos, planilhas, banco de dados
	Resolução de problemas através do computador	Propicia um ambiente de aprendizado baseado na resolução de problemas Exemplo: linguagem Logo.
	Produção de música	Elimina a dificuldade de aquisição de técnicas de manipulação de instrumentos musicais
	Programas de controle de processo	Coleta dados e os analisa Exemplo: TERC LabNet e Lego-Logo
	Computador como comunicador	Redes, e-mail, internet

Tabela 1 – Diferentes Uso do Computador na Educação, segundo Valente (2007-a)

Na outra segmentação proposta, temos o computador como ferramenta que oferece ao aluno uma nova maneira de expressar-se, realizar tarefas, desenvolver problemas, desenhar ou escrever, sendo, para tanto, necessário que este “ensine” o programador utilizando, então, uma linguagem de programação, como Logo, Basic, etc, ou valendo-se de um aplicativo, como os processadores de textos, planilhas, etc.

Evidentemente que temos, neste segundo caso, uma utilização que exige do aluno uma intervenção bem mais atuante no sentido de que a máquina exige, não só o conhecimento do assunto em questão, como também o saber intrínseco da própria máquina e seu funcionamento.

Para Valente o que temos então é a aplicação eminentemente prática da teoria construcionista, onde o computador é utilizado como algo que deve receber, da parte do aluno, um código que lhe permitirá desenhar, ou manipular um objeto sobre a tela.

Esse objeto agirá conforme os comandos inseridos, sendo este processo, no seu conjunto geral, o produto final de uma reflexão sobre as informações que se apresentam. (Figura 1).



Figura 1 – O Aluno Ensina o Computador (Valente, 2007-a)

Os diferentes níveis de abstração decorrentes desta reflexão, provocarão, na estrutura mental do aluno, diferentes alterações (Piaget, 1995). Estes níveis se estratificam desde a abstração simples, a qual é empírica e é obtida diretamente das informações extraídas do objeto ou das ações sobre ele, até a abstração reflexiva, que provoca projeções escalonadas, partindo de níveis cognitivos mais baixos para outros mais elevados. O resultado final é a reorganização do conhecimento e o aprofundamento da abstração.

A robótica, utilizando o robô como máquina a ser ensinada *através* do computador, promove um nível a mais de abstração e, conseqüentemente, eleva um grau a mais esse aprofundamento, (Figura 2) exponenciando, ainda mais, a espiral reflexionamentos → reflexões → reflexionamentos (Piaget, 1995).

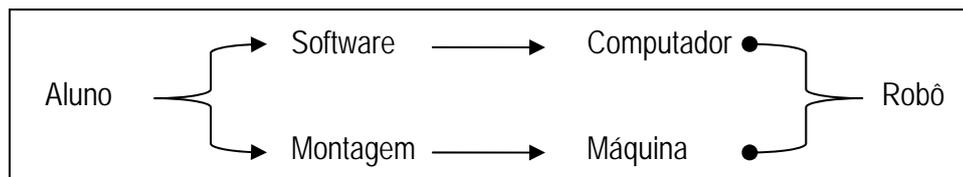


Figura 2 – A Robótica e um Nível a Mais de Abstração

5.5 ROBÓTICA

A idéia de um objeto programável, autônomo e independente, reporta a tempos pré-históricos, quando seres imaginários, criaturas mecânicas e outras entidades eram manipuladas ou agiam conforme a vontade de seus programadores. Braços mecânicos foram utilizados por sacerdotes egípcios para movimentar braços de deuses. Heron de Alexandria, que viveu em torno do ano 62,

desenvolveu o que se considera o primeiro motor a vapor de que se tem notícia, o que, para a época, se revelava como uma máquina, que girava ao comando de seu manipulador.

O interesse pela manufatura de dispositivos que reproduzem atividades humanas, remonta, pelo menos de forma registrada, aos tempos helênicos. Uma das mais remotas descrições é a da *Ilíada* de Homero, por volta do século VIII a.C.. Neste épico, somos apresentados às “criadas de ouro” do deus Vulcano, as quais “criadas com espírito no diafragma, têm voz, têm força, e os imortais ensinaram-nas a agir. A estear o rei, portanto, se davam pressa...” (Homero, 1986, p. 281).

Portanto, é natural que, até mesmo em nossos dias, voltemos nossa atenção para estas máquinas que desde tempos imemoriais fizeram da imaginação um pouco de espelho do futuro com base em iluminações do passado.

Estas idéias todas contrastam, em alto grau, com a convivência diária que dispomos (e nossas crianças) com a automatização e robotização das mais diversas tarefas cotidianas, como o elevador que permite acesso conforme o biótipo programado, ou o semáforo que libera apenas os acessos de veículos autorizados. Sensores, atuadores, servo-motores programados, são agentes diários que se manifestam intervenientes em nossas atividades, mesmo que de forma sutil, oculta ou imperceptível.

Embora possa ser encontrada com as mais diferentes conceituações, adotaremos inicialmente, aquela definição que pode ser encontrada no Merriam-Webster Dictionary, qual seja, de que *Robótica é a ciência que estuda o projeto, construção e operação de robôs* (Webster, 2007). Complementaremos esta definição, com a conceituação de robô.

5.5.1 Robô

5.5.1.1 A Real Origem da Palavra

Originalmente, robô é uma palavra criada, adaptada de *robot*, expressão tcheca para trabalho forçado. Diferentemente do que se divulga de maneira corrente, a criação da palavra robô não provém, exatamente, de Karel Capek, e sim de seu irmão, Josef Capek, pintor e também escritor. O fato foi esclarecido em carta aberta do próprio Karel, dirigida à editora do Oxford English Dictionary, através de pequeno artigo divulgado no jornal tcheco *Lidové noviny* em 1933 (Zunt, 2007).

No entanto, a divulgação do nome se deve, sim, a sua peça de teatro R.U.R., iniciais de “*Rossum’s Universal Robots*”, de 1921, a qual tratava sobre um cientista, de nome Rossum, que desenvolvera uma substância. Esta, ao substituir órgãos de seres humanóides, os tornava máquinas

que obedeciam aos comandos humanos. Essa convivência não se estende por muito tempo, uma vez que os novos seres se rebelam de sua condição de subserviência e se voltam contra seus criadores (Capek, 2004).

5.5.1.2 Tentativas de Definições

Na medida em que definir um novo agente se torna parte do próprio processo de criá-lo e, até antes, de entendê-lo, é natural que as ponderações se tornem tão plurais quanto os pontos de vista envolvidos na própria observação. Assim sendo foi que a divisão de ciência e tecnologia da Canadian Broadcasting Corporation, recentemente, entrevistou algumas das mais destacadas personalidades no mundo da robótica, solicitando aos próprios criadores, desenvolvedores e pensadores deste meio, que dissessem o que entendiam como robô. Algumas das respostas mais significantes: (CBC, 2007).

Alan Mackworth, diretor do Laboratório de Inteligência Computacional da Universidade da Columbia Britânica e presidente da Associação Americana de Inteligência Artificial.	É uma máquina que pode sentir, agir e reagir no mundo e possivelmente envolve algum raciocínio para realizar estas ações, e o faz autonomamente. Por essa definição, um termostato seria um robô.
Rodney Brooks, diretor do Laboratório de Ciência da Computação e Inteligência Artificial do Instituto de Tecnologia de Massachusetts	Para mim um robô é algo que tem algum efeito sobre o mundo físico, mas se faz com base em como ele sente o mundo e como o mundo muda à sua volta. Você poderia dizer que um sistema de lavar louça é um robô para limpeza de pratos, mas para mim, não é verdade. Primeiro, ele não tem qualquer ação fora dos limites de seu corpo. Em segundo lugar, não sabe sobre os pratos dentro dela. Ela apenas jorra água quente ao redor e fica zumbindo. E se existem pratos lá ou não, não afeta o seu comportamento, portanto, não é realmente situado no mundo, não se trata de compreender o mundo ao seu redor, em qualquer tipo de forma significativa.
Gregory Dudek, diretor do Centro para Máquinas Inteligentes da Universidade McGill, do Canadá.	Eles têm de ter uma maneira de fazer as medições do mundo, têm de ter uma forma de tomar decisões - em outras palavras, algo que você poderia chamar informalmente de um computador, o qual possui um caminho para tomar ações.
Joseph Engelberger, também conhecido como o pai da robótica industrial moderna.	Eu não consigo definir um robô, mas eu sei quando eu vejo um.

Como se pode depreender, as visões variam desde um ponto de vista mais científico até a mais espirituosa, mas não menos verdadeira. Já, as definições formais podem ser obtidas nas organizações que se seguem:

International Organization for Standardization (ISO) sob número 8373:	Um manipulador programável, automaticamente controlado, polivalente, atuando em três ou mais eixos, os quais podem ser fixos ou móveis, para uso em aplicações de automação industrial.
Robotics Institute of America (RIA, 2007)	Robô é um manipulador reprogramável, multifuncional, projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especiais em movimentos variáveis, programados para a realização de uma variedade de tarefas.

As duas maiores entidades mundiais de normatização de robôs estabelecem as seguintes classes, conforme sua capacidade, especificação e propriedades:

Robotics Institute of America (RIA, 2007)	JIRA (Japanese Industrial Robot Association)
A: Controle manual de dispositivos. B: Controle automático de dispositivos com ciclos pré-determinados. C: Servo-controles programáveis, com trajetórias ponto-a-ponto contínuas. D: Idem ao item C, acrescidas da capacidade de obter informação do ambiente para movimento inteligente.	1. Controle manual, através de um operador. 2. Robô de seqüência fixa. 3. Robô de seqüência variável, através de modificação por controle. 4. Robô playback, que pode gravar um movimento para posterior utilização. 5. Robô de controle numérico com programa de movimentação que pode ser ensinado através de tarefas manuais. 6. Robô inteligente, que pode compreender seu ambiente possibilitando completar as tarefas, apesar de mudanças nas condições de operação.

5.5.1.3 Nossa Proposta de Definição

Tendo já conceituado robótica e robô, adotaremos neste estudo, para efeitos de concisão, a idéia de que robótica é a ciência que estuda as máquinas dotadas de inteligência artificial (IA).

Desta forma estamos colocando o problema sob o ponto de vista da existência de duas instâncias perfeitamente definidas e identificáveis, ou seja, máquina e IA. Mas a aproximação se torna então, por fatores sucessivos, um movimento que caminha para o centro de nosso interesse, o robô. Evidentemente com isto necessitamos de nos valer das definições de inteligência artificial e de máquinas.

Uma extensa e pormenorizada análise sobre as definições existentes em torno de Inteligência Artificial pode ser encontrada em Costa (2007). No entanto, iremos aqui nos limitar a idéia de que se trata de *características humanas introduzidas em máquinas*. Entre essas características destacaríamos a capacidade de decidir em função de determinadas situações, tais como a ativação ou não de sensores, os quais podem ser de impacto, cores, passagem do tempo, deslocamento, etc.

Máquina é outra definição que também iremos assumir em seu sentido mais estrito, uma vez que considerações extensamente mais pormenorizadas podem ser encontradas na mesma referência que apontamos para IA. Isto posto, registramos que, com o vocábulo máquina queremos representar, simplificando ao extremo a definição de Pazos (2002), um *dispositivo que transforma energia em trabalho*.

5.5.2 Robótica Pedagógica: conceito, diferenciação, importância na educação

A robótica pedagógica pode ser analisada como uma forma de utilização do princípio de que a criança pode ser construtora de seu próprio conhecimento. Este enfoque opõe-se frontalmente aquele em que o aluno assiste passivamente a explicações e conceitos, que é o que ocorre no sistema de educação tradicional.

Literalmente, podemos definir Robótica Pedagógica como a atividade de montagem e programação de robôs, com a intenção de explorar e vivenciar aprendizagens. Essa exploração se processa através de descobertas e revelações, seja do movimento de uma engrenagem que resulta numa ação diferente e inesperada, seja exatamente na obtenção do resultado esperado e alcançado através de raciocínio e divagações.

Consiste, portanto, na utilização de componentes tais como engrenagens e eixos, os quais, montados, admitem algum nível de programação. Essa programação, por sua vez, transformará o dispositivo montado em algo com um maior ou menor grau de inteligência, permitindo, no mais das vezes, reagir a estímulos externos, posicionar-se e reposicionar-se conforme as condições do ambiente em que interagirá.

Na robótica pedagógica o que se verifica é a oportunização, à criança, da participação efetiva. Essa participação se processa de diversas maneiras e se dá através de variados mecanismos de atuação e interveniência na modificação do real. Para efeitos de simplificação, podemos dividir a atuação da criança, em robótica, em duas grandes partes distintas, quais sejam: a montagem e a programação.

Faremos uma análise separada de uma e de outra, muito embora os processos de solução e as interveniências, muitas vezes, se dêem em conjunto, quer seja na solução de um problema mecânico resolvido através de alteração na programação, quer a solução encontrada se dê no sentido oposto, ou seja, um problema de programação que pode ser resolvido através da montagem do próprio robô.

Estudiosos como Papert (1985) e Valente (2007-a) depositam uma importância pedagógica muito grande na programação, notadamente quando relatam a criação da linguagem Logo, destacando a produção do conhecimento que se verifica na construção dos comandos para movimentar determinado componente.

No entanto, o outro pólo, a montagem, apresenta alguns dos momentos em que se verificam as maiores recompensas em termos de realização. Nessa atividade podemos encontrar instâncias onde o julgamento se transforma em assimilação e a experiência se revela em acomodação (Piaget, 1970).

Ora, torna-se necessário lembrar que uma não existe sem a outra, ou seja, toda e qualquer montagem em robótica pressupõe que houve ou haverá um programa associado a mesma, e, também é necessário frisar que qualquer programa em robótica admite uma montagem de componentes, passada ou futura.

Constata-se, também, que na montagem existe uma ligação direta e efetiva entre idéia e execução, entre mente e mãos, entre o fazer e o compreender. Seria então uma causalidade cibernética, conforme a proposição de Piaget para as coordenações materiais e causais, de origem orgânica ou biológica (Piaget, 1978).

A ligação que se revela através da interação entre idéias e manipulações encadeia-se, fechando os ciclos dos esquemas, que, por sua vez, compreendem uma satisfação das necessidades, ou teleonomia (Piaget, 1978).

Assim sendo, o que observamos é que surge uma busca de atingimento de um determinado objetivo o qual se formula e (re)formula: Uma vez através da idéia surgida, cuja consecução se processa pela combinação entre os diversos elementos à disposição; outra vez, engendrado pelos resultados obtidos, os quais não são necessariamente, os desejados.

Destacam-se, também, o desenvolvimento da habilidade de concentração e observação, e a descoberta natural dos princípios mecânicos do tempo e do espaço e de sua inter-relação.

Entre as diversas maneiras de trabalhar-se com estudantes e robótica, uma está em estabelecerem-se desafios, os quais, após explicadas e acordadas as regras, deverão ser atingidos utilizando-se as peças e componentes à disposição.

Normalmente vivenciada de maneira coletiva, a robótica trabalhada em grupos permite, a cada um dos integrantes, a experiência real e concreta do desenvolvimento das atividades e a busca de um determinado objetivo, o que se manifesta como resultante das idéias que cada um fornece para o processo decisório da equipe.

Movidos pelo sentido comum da consecução de um determinado objetivo, os envolvidos no projeto da montagem de um robô atuam de maneira absolutamente multidisciplinar, pois aplicam conceitos de matemática, física e, mesmo, se observarmos mais atentamente, relações interpessoais,

de sociabilização, de gerenciamento do tempo, de administração de conflitos. Fazem diligências, pesquisam, indagam, perguntam e perguntam-se, esquadrinhando cada parte do projeto.

Em cada ação reforçam os processos de assimilação referenciados por Piaget que tratavam da assimilação como reprodução do reversível, onde a relação entre o sujeito e o meio externo parte do princípio de que existe, fortemente vinculado, um sistema de operações ordenadas em grupos (Piaget, 2001).

Nosso conceito de robótica pedagógica situa-se exatamente naquilo que esta atividade pode proporcionar no estabelecimento de situações ambientadas num contexto em que a aprendizagem se desenvolve de maneira livre, espontânea e extremamente ativa, condicionada sempre ao interesse e envolvimento que proporcionam tais atividades.

Com isto queremos dizer que os alunos, ou ainda, quem for que estiver envolvido, têm a possibilidade de colocar em prática, desenvolver e conceber os mais variados projetos com o objetivo de solucionar problemas do mundo real.

No entanto, o foco principal, no mais das vezes não necessariamente explícito, é a aprendizagem que subjaz a todas essas atividades. Ou seja, muito embora a tarefa de uma determinada seção seja montar um robô que permitirá que numa residência a luz seja acionada quando a porta se abra, o fator subjacente, o conteúdo realmente de peso que se produzirá será um ambiente extremamente rico em termos de possibilidades de soluções, partilha de descobertas, definição de estratégias, desenvolvimento do raciocínio lógico, matemático, espacial, e tantos outros envolvimento com áreas do conhecimento como a matemática, as ciências, a tecnologia, a comunicação e todas as outras ações que envolvem, na sua mais pura essência, o fazer ciência.

A aprendizagem se processa através da crítica e da análise, estimulando que a auto-estima e as relações interpessoais se desenvolvam e se consolidem.

Através do uso do método científico na geração de hipóteses e sua comprovação, estabelecem-se construções de estratégias naturais de participação, desenvolvem-se espírito crítico e iniciativas pessoais e grupais, com o grupo voltado sobre suas atividades e resultados e estimula-se a produção do próprio conhecimento.

Os objetos que utilizam, as ferramentas de que se valem, as estratégias que formulam, provocam e estimulam os sujeitos à construção de concepções concernentes aos respectivos significados e à formação de um vocabulário especializado, além de favorecer à formação de uma consciência do sentido crítico a respeito de sua produção e à construção de seu próprio processo de aprendizagem.

Através de medidas e aferições, constroem e criam aparatos, utilizando engrenagens, polias, correias, eixos, motores e sensores, adequando-os e adaptando-os às necessidades do projeto que intentam realizar.

Dessa maneira, amplificam os limites estreitos do currículo escolar, não só para atingir os objetivos imediatos do projeto, que no momento desenvolvem, mas também para atender ao saudável estímulo da curiosidade que, a todo instante, se manifesta em sua forma mais natural, específica e instigadora.

Até aqui analisamos o robô no seu aspecto material, ou seja, a montagem, relativa às diversas peças, engrenagens, sensores. No entanto, só está completo um robô, quando recebe a sua programação. É o que abordaremos no item seguinte.

5.5.3 A Programação em Robótica

Um robô não está completo sem o programa que o irá gerenciar. Da mesma maneira podemos afirmar que um programa de robótica não tem sentido algum se não estiver associado à máquina que o irá receber. Assim sendo queremos significar que ambas as entidades, programa e máquina, revelam-se, mais do que intimamente relacionadas, como partes integrantes de um elemento único, mas, divisível. E justamente esse caráter de divisibilidade é que favorece imensamente o desenvolvimento da atividade de pensar sobre um, agindo sobre o outro.

A programação envolve, necessariamente, a atenção para além do próprio programa. Ou seja, ao mesmo tempo em que elabora uma rotina para o robô verificar a ativação de um determinado sensor de impacto, o aluno, necessariamente, imagina, ou verifica concretamente, a posição no robô onde este sensor de impacto se encontra, a sua conexão com o "cérebro", de que forma ele irá atingir os obstáculos, etc.

Da mesma forma, quando o aluno se encontra na montagem manual do próprio sensor de impacto, está, simultaneamente, pensando em como o programa deverá ser confeccionado para que se utilize dessa peça que no momento manipula e monta sobre o chassi do robô.

Portanto, a programação não só é uma das atividades mais importantes, mas, e principalmente, faz parte do próprio robô. Tal como o sangue faz parte do corpo ou o pensar é integrante do agir, está aí, justamente, um exemplo extremamente prático, técnico e atual das afirmações de Piaget (1978), quando preconizava a psicogênese como elemento de complementação da análise de dados das relações entre a ação e o pensamento.

Portanto, ponderada a importância do relacionamento robô x programação, dedicaremos os próximos capítulos a analisar as características de algumas linguagens de programação para robôs. Posteriormente lançaremos uma visão própria sobre uma das formas como a psicogênese contribui como elemento de explicação para o destacado interesse da robótica.

5.5.3.1 Linguagens de Programação para Robótica

A rigor, qualquer linguagem de programação que manipule as portas seriais de um computador pode ser utilizada na robótica, uma vez que sensores e motores são acionados eletricamente através do gerenciamento desses dispositivos de interface. Como nos interessa, no presente contexto, a robótica pedagógica, iremos analisar aquelas linguagens mais significativas para esse ramo de atividade.

5.5.3.1.1 Basic

Criada a partir de implementações sobre a linguagem Pascal II, em 1963, através de consideráveis simplificações realizadas por John Kemeny e Thomas Kurtz. Era o primeiro caso que se tem notícia de uma simplificação em linguagem de programação para computadores de grande porte, destinada especificamente ao uso por jovens estudantes, no caso da Faculdade de Dartmouth College, da qual Kemeny tornou-se o 13º presidente (Lien, 1986).

Projetada para ser oferecida como uma ferramenta de aprendizado rápido, foi utilizada para os sistemas de tempo compartilhado, onde vários usuários utilizavam uma mesma máquina. Some-se a essa característica, e justamente por causa da mesma, a possibilidade de sua implementação em memórias de tamanho muito reduzido, o que, como um fator colateral, veio a torná-la uma das primeiras atrações dos primeiros computadores pessoais que surgiam. Assim é que o Altair, da lendária MITS, detentor de escassos 4K de memória ROM, possuía, já embutida em seu processador, a linguagem Basic. Diga-se de passagem, este último fato foi o primeiro passo daquela que viria a se tornar uma longa e vitoriosa carreira do trio Steve Balmer, Paul Allen e Bill Gates (Freiberg, 1984).

Classificada quanto ao fluxo dos comandos como uma linguagem interpretada, permitia a execução diretamente pelo interpretador de comandos, ou seja, as instruções registradas eram processadas comando a comando, no momento de sua execução. Percebe-se essa diferença e sua simplificação ao comparar-se com as linguagens compiladas, que exigiam um ciclo mais rígido, formado por edição-compilação-ligação-execução.

Ou seja, para simplificar ao extremo essa diferença: com Basic programava-se diretamente, com as linguagens compiladas eram necessários vários passos intermediários até poder se utilizar o programa final.

À título de exemplificação, em Basic, um comando para emular uma saída paralela, tais como um servo-motor conectado na saída S1, seria **OUT, 888, 1**, sendo 888 o endereço físico do *port* da impressora, na saída paralela. Já, um comando para ler dados de um determinado sensor na entrada E1, em Basic, seria **X = INP (889)**.

Evoluções da linguagem Basic concentraram-se em simplificá-la ainda mais, no sentido de proporcionar uma interface gráfica intuitiva, que oferecem não só novos comandos, mas, principalmente, a sensível facilidade da operação visual, através de botões e elementos gráficos. Uma dessas evoluções é o Visual Basic.

5.5.3.1.2 Interfaces Gráficas de Programação

As interfaces gráficas chegaram ao mundo da informática com a criação do Palo Alto Research Center (PARC) da multinacional Xerox. Era um centro destinado a reunir os melhores cérebros do mundo para repensarem a então temida extinção da impressão em papel. Um dos produtos gerados por esse centro foi a criação de alguns modelos de computadores pessoais, os quais não foram comercializados devido a seu preço proibitivo para a época. Além de computadores, criaram sistemas operacionais, interfaces gráficas, sistemas de redes e impressoras laser.

De lá foi copiado não só o sistema operacional da Apple, mas também o que viria a ser o conhecido e muito utilizado Windows, da Microsoft (Cringely, 1995). A robótica valeu-se dessa ferramenta, quase inteiramente gráfica, para adaptar as linguagens orientadas a caractere de forma que viessem a se tornar mais atrativas e mais fáceis e intuitivas de utilizar.

Um dos exemplos mais antigos, e no entanto também mais atualizados, é o da interface denominada inicialmente RCS-6 e hoje bastante atualizada e conhecida como Rascal, a qual é difundida juntamente com o kit de robótica denominado Robix, da Advanced Design, Inc. (Figura 3).

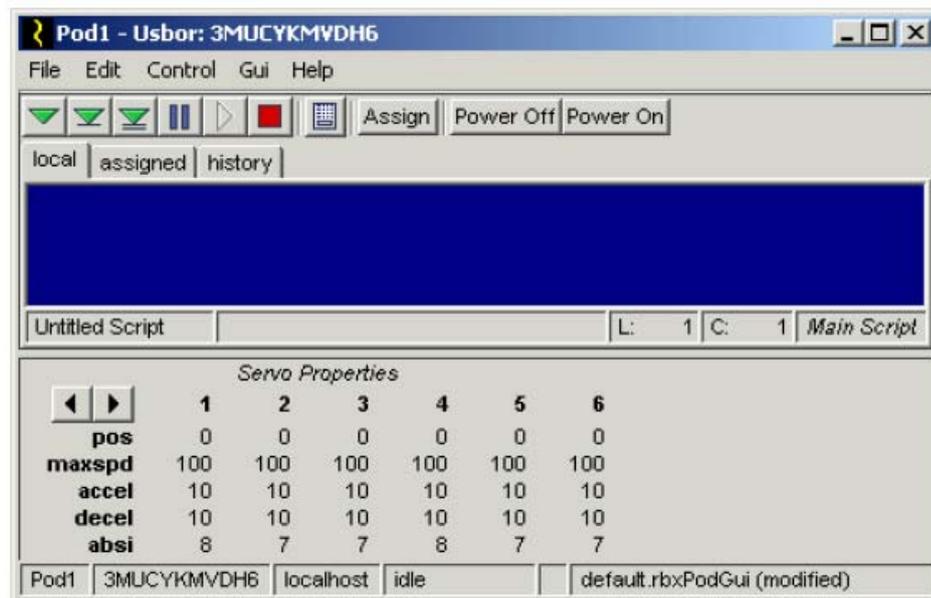


Figura 3 – Interface Gráfica da RCS-6

Nesta ferramenta pode-se, com simples operações do mouse, selecionar qual dispositivo ativar e configurar detalhadamente suas especificações, tais como velocidade, sentido de giro, potência, sensibilidade, etc.

Surpreendente também a facilidade implementada pelo modo *teach*, no qual, após realizarem-se movimentos no robô diretamente através de operações do teclado, podem-se memorizar estes comandos através da combinação Alt+F9. Com este comando todas as linhas de programação correspondentes aos movimentos são imediata e automaticamente escritas, sem absolutamente nenhuma intervenção escrita do operador, o que, por si só, acrescenta um poderoso recurso de operação à ferramenta, como também traz mais uma qualidade ao facilitar o aprendizado através da simples operação direta do robô.

5.5.3.1.3 Logo

Criada durante os anos 60, por Seymour Papert e equipe (Papert, 1985), nos laboratórios do MIT (Massachusetts Institute of Technology), tendo sua adaptação mais recente através da LCSl, uma empresa de Montreal, Logo pode ser considerada a primeira linguagem de programação criada intencionalmente voltada para a educação, por isso mesmo conceituada como uma filosofia educacional (Valente, 2007-a).

Fortemente alicerçada em toda uma extensa conceituação formada por eixos axiomáticos como o construtivismo de Piaget com respeito à espiral de reflexionamentos-reflexões-

reflexionamentos, que permite o enriquecimento das abstrações empíricas, e, por consequência, a construção de novos instrumentos de assimilação (Piaget, 1995), esta linguagem permite uma interação direta entre o usuário e os resultados dos comandos.

Propondo-se a agir contra as “toxinas culturais” (Papert, 1985), referência aos pré-conceitos daqueles que eram rotulados como não-habilitados, ou não-matemáticos, a linguagem Logo foi adaptada para utilização através de movimentos que eram atribuídos a uma tartaruga, inicialmente mecânica, logo depois, virtual, apenas simbolizada na tela por uma figura.

A vantagem da linguagem Logo em relação às demais é que trabalha com comandos associados diretamente a linguagem corrente, tais como PARAFRENTE 200, que faz a tartaruga andar 200 pontos para a frente. Como se pode notar são comandos e ordens que envolvem uma orientação espacial que introjetamos desde a mais tenra infância e que são transportados do nível intuitivo para a formalização em termos de programas.

O Logo é uma linguagem que, por seu potencial, seu alcance e sua base de livre utilização, possui numerosas implementações e melhoramentos, os quais surgem a cada dia através de novas e melhores implementações. Uma das mais recentes, também sob inspiração de Papert, é o ambiente chamado MicroMundos, que, juntamente com a Imagine, forma a dupla de mais larga utilização no meio educacional no que concerne a sistemas de autoria.

5.5.3.1.4 Imagine, Micromundos e Outros

A facilidade inegável das interfaces gráficas trouxe consigo um sem fim de oportunidades para alargamentos dos horizontes educacionais através de adaptações de linguagens existentes e consagradas. O Logo, para ficarmos apenas nesta, originou, ao longo do tempo, duas novas adaptações: Imagine, no início dos anos 2000 e, mais recentemente, Micromundos, da canadense LCSi, líder em software educacional construtivista. Ambas as ferramentas trabalham com o conceito de ferramenta de autoria, com animação e interatividade poderosas, contando inclusive com opção para divulgação via web.

Como torna o processo de criação em experiências ricas em aprendizado, favorece fortemente que habilidades para solução de problemas sejam desenvolvidas, juntamente com a criatividade e o pensamento crítico. Atividades gráficas como construir, desenhar, produzir, apresentar, animar, analisar e integrar favorecem a exploração das idéias, através de interfaces bastante interativas.

5.5.3.1.5 RoboLab

RoboLab utiliza um conjunto reduzido de instruções da linguagem LabView, da National Instruments, adaptado especialmente pela Tufts University para utilização com o tijolo programável dos kits Lego Mindstorms.

O LabView é um ambiente de programação de extrema eficiência, utilizado por engenheiros e cientistas em medição e controle de aplicações biomédicas, aeroespaciais e na pesquisa sobre energia. Na robótica é utilizado nas linhas de montagem de automóveis, devido a seu fácil aprendizado. Foi utilizado pela NASA para monitorar e controlar o robô Sojourner no solo de Marte.

É o software de programação que utilizamos em nossos experimentos ao longo deste doutorado. Trata-se de uma ferramenta fantástica, não só por sua apresentação gráfica, seu poder de gerenciamento ou mesmo sua potencialidade de ingerências sobre as portas de comunicação, mas, ao nosso ver, principalmente pelo seu fácil, rápido e simplificado aprendizado.

A RoboLab é uma, entre outras, das linguagens utilizadas nos kits de robótica da Lego, sob sua divisão especificamente destinada à robótica, denominada LegoDacta. Foi através dessa divisão, com a supervisão, novamente, de Seymour Papert, através de uma parceria de mais de dez anos entre o MIT e a divisão Dacta da Lego que se estruturou o projeto Lego Mindstorms.

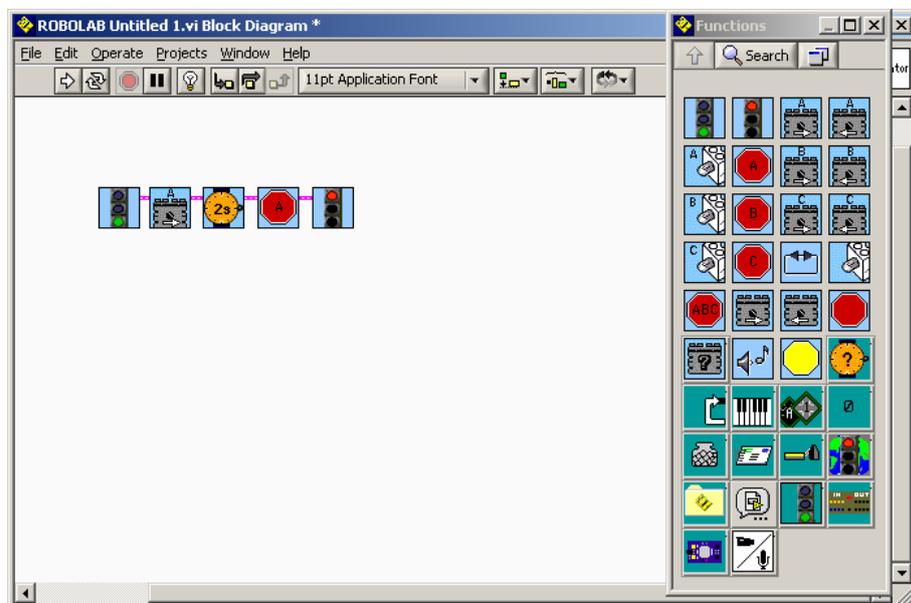


Figura 4 – Janela de Programação do RoboLab

Completamente icônica, ou seja, programa-se clicando em ícones representativos de dispositivos concretos, que, colocados lado a lado, como palavras numa frase, vão, assim,

estabelecendo o programa para a atuação do robô. O programador vale-se, para tanto, de uma paleta de funções (ícones) como se pode ver na Figura 4.

Através dessa paleta utiliza-se o recurso de clicar e arrastar os ícones desejados para a janela de programação, em branco, ao lado. Como exemplo, apresentamos o programa já montado, que, através de 5 ícones, especifica:

- início de programa
- faz o motor que está na porta A girar no sentido horário
- durante 2 segundos
- para o dispositivo que está na porta A
- encerra o programa.

Como se pode ver, trata-se de uma linguagem que permite um fácil entendimento pelo usuário, já nos primeiros minutos de contato, possuindo um sistema de ícones de imediata assimilação, trabalhando com os principais conceitos da robótica, como portas de saída, de entrada, sensores, velocidades, potências, etc. além de gerenciar, de maneira esplendidamente bem, as definições de programação, como loops, rotinas, condicionamentos, inclusive multi-processamento.

5.5.4 Kits de Robótica

A cada dia surgem no mercado novos kits que oferecem a possibilidade de construção e programação de robôs. A diversidade existente entre eles é considerável, a ponto de variar sensivelmente o foco de aprendizado desde a simples montagem e mínima programação até àqueles que necessitam complexos conhecimentos de eletrônica. Tanto uns como outros, passando pela extensa classificação que entre eles se estabelece, têm seu uso otimizado, dependendo, evidentemente, do público a que se dirigem.

5.5.4.1 Componentes: estruturais, de controle, atuadores e sensores

Os componentes principais de um kit de robótica podem ser divididos em estruturais, de controle, atuadores e sensores.

Os componentes estruturais são aqueles que permitirão dar a forma, o arcabouço sobre o qual, ou dentro do qual se montarão os demais componentes. Podem ser constituídos de barras de metal, bases, rodas, engrenagens, eixos, parafusos, como na maioria dos kits, ou, como no caso dos kits Lego, de tijolos encaixáveis. A diferença mais significativa entre esses dois tipos é que, nos primeiros

há necessidade de uma razoável motricidade acrescida de conhecimentos como soldagem de componentes. Nos tijolos Lego, utiliza-se a técnica de encaixes.

Os componentes de controle são os diferentes tipos de interface, que deverão proporcionar a comunicação com o computador. No caso de alguns kits, como os Mindstorms e os da empresa brasileira PNCA (Robô zero), existe a interessante característica de adquirirem autonomia após receberem a programação. Ou seja, o robô se torna independente do computador, não ficando ligado a nenhuma entidade externa.

O módulo de controle é responsável por comandar as atividades do robô, normalmente sob a forma de uma pequena placa. Possui uma entrada para receber a programação, a qual pode ser através da porta serial, da porta paralela ou, mais recentemente, da porta USB. Além disso, possui conexões, denominadas unidades de entrada e saída, as quais se destinam a receber os sensores (entrada) e motores e lâmpadas (saída). Muito embora esse número seja variado, normalmente os kits possuem três portas de entrada e três portas de saída.

Atuador é a expressão utilizada normalmente para os motores que são, geralmente, motores de passo, ou seja, dispositivos cujo giro pode ser controlado em intensidade, sentido e número de rotações ou mesmo porção dessa rotação. O atuador recebe o sinal elétrico da placa controladora e efetua sua intervenção com o mundo externo ao robô.

A finalidade dos sensores é receber informação da parte externa ao robô, levando essa informação, na forma de sinal elétrico, até a placa controladora. Os sensores mais comumente encontrados no mercado são os de impacto (uma chave que pode estar ligada ou desligada), de luminosidade (ou cor) e, mais raramente, os sensores de temperatura, de som, e, ainda mais recentemente, de ultra-som, nos kits NXT da Lego. Através destes últimos, com o sensor de ultra-som, torna-se possível criar robôs que calculam a distância a que se encontram de determinados obstáculos, o que vem trazer um novo e poderoso recurso a estas atividades.

5.5.4.2 Robôs Autônomos e Dependentes

Nossa classificação, para efeitos didáticos, inicia fixando uma separação rígida e clara, sobre a qual repousa a nossa convicção de sua importância para a conceituação real de robô e suas características. Uma primeira divisão seria quanto a independência do kit, após programado. Assim teríamos robôs autônomos e dependentes.

Dependentes são a maioria dos kits, os quais necessitam uma comunicação permanente com o computador, utilizando para tanto apenas uma interface de potência com chip de limitados recursos de processamento. Este é o caso de kits como Robix, da americana Advanced Design, da placa X-Interface da brasileira Cerne Tecnologia, do Super Robby, da também brasileira ArsConsult, e tantos outros.

Uma outra placa surgida na área de robótica pedagógica é a Gogo, que foi desenvolvida no MIT, tendo como um dos participantes da equipe de desenvolvimento o brasileiro Paulo Blikstein. Trata-se de uma placa de baixo custo, a qual pode ser construída pelo próprio usuário. Seu uso foi testado em 50 escolas da prefeitura de São Paulo, no projeto "A cidade que a gente quer" (Blikstein, 2007) e na Tailândia, num inédito projeto que visava a quebrar antigos pressupostos por meio da criação de ambientes de aprendizagem ricos em tecnologia (Cavallo, 2007). A linguagem de programação nativa da placa é o Logo.

Mas o que basicamente se verifica nestes casos é que a placa necessita do computador permanentemente ligado a ela para complementar suas funções, necessitando, também, como as demais, de uma fonte externa de energia.

Consideramos como autônomos aqueles kits, os quais, após receber a programação, podem interagir com o meio de maneira autônoma. Um exemplo desses kits é o do projeto Robô Zero, da PNCA. Outro, um dos mais antigos, mas não por isso menos poderoso, nem menos atualizado, é o projeto da LegoDacta, (utilizado por nós nesta pesquisa) denominado inicialmente Mindstorm, depois Robotics Invention System e, recentemente, NXT, com uma implementação bastante significativa em termos de poder de processamento, tecnologia de componentes e interface (USB e BlueTooth).

Nesses kits, o componente central é, basicamente, um Controlador Lógico Programável (CLP), o qual possui uma fonte de energia própria, normalmente pilhas ou uma pequena bateria de 9 volts. Graças a sua autonomia e independência do computador é que se pode ter um robô que se desloca literalmente sozinho e sem estar ligado a nenhum fio ou componente outro que não sejam os próprios que carrega consigo.

5.5.4.3 Montagens Fixa, Livre e de Sucata

Outra classificação que propomos é quanto ao envolvimento do aluno na montagem do robô. Assim é que classificamos esse tipo de kit em dois grupos. Os de montagem previamente definida, que chamaremos de Fixa e os de montagem Livre. Um terceiro tipo, na verdade um tipo de aplicação da montagem livre, é aquela em que se utilizam materiais provenientes de sucata.

Nos kits de montagem fixa, os componentes foram pensados para serem unidos de forma a obter-se um único robô, já concebido e preparado para ter aquela conformação, apresentar aquele tipo de montagem, com as peças possuindo cada uma seu local determinado. É óbvio que, neste caso toda a atividade de criação, invenção e projeto praticamente inexistem.

Este é o caso, por exemplo, da série Owi da americana RobotiKits Direct Company. São kits que inclusive exigem a habilidade de soldagem de quase todos os materiais. Possuem algum poder de sensoriamento, como por exemplo, o Owi S-Cargo, que é movido através de atuação sonora, ou seja, cada estalo de dedo ou bater de palmas provoca a mudança de direção ou parada do robô. Outro exemplo desta classe de robôs são os da série Kephera, da K-Team Corporation, empresa suíça especializada na produção de micro-robôs com grande poder de processamento.

Os kits de montagem livre são, notadamente, o caso da maioria dos kits de robótica, uma vez que o maior objetivo é o de oferecer uma ampla gama de possibilidades de criação através dos componentes disponíveis. Inegável salientar-se, neste contexto, os kits da Lego, não só por sua histórica presença no mundo da arte de oferecer peças intercambiáveis de montagens, mas também pelos seus kits especialmente desenvolvidos para robótica, os quais, além dos conhecidos tijolos, oferecem uma ampla gama de componentes voltados para a técnica de movimentar, articular e interligar, como eixos, rodas e engrenagens, destacando-se especialmente a linha de sensores como de luz, de movimento, de temperatura, de som ou de ultra-som.

A robótica com sucata não é, especificamente, outro tipo de montagem, mas não poderíamos deixar de citar a possibilidade de adicionarem-se novos componentes ao material de montagem normalmente oferecido pelos kits. Dessa maneira é possível utilizarem-se elementos extras, como garrafas PET e o mais que a imaginação e a experiência permitirem. Um exemplo, como tantos outros, é o robô de lata de refrigerante, Soda Cam Robot, da Green Science.

6. O 1º EXPERIMENTO: a construção do conceito de robótica em crianças

6.1 A REPRESENTAÇÃO DO MUNDO

Considerada um dos mais importantes problemas da psicologia infantil, a criação espontânea produzida por crianças sobre representações do mundo foi um dos mais significativos estudos legados por Piaget e analisado pormenorizadamente em sua obra *A representação do mundo na criança* (Piaget, 2005).

Para tanto, dividiu o problema principal em dois aspectos, sobre os quais centrou sua análise: como se estrutura o pensamento em torno da realidade subjetiva e como a criança expressa essa atitude em termos de associações com o mundo real. Estes aspectos são sintetizados em torno das expressões *realidade* e *causalidade*, as quais, longe de simplificar, amplificam a clareza dos enunciados que circundam ambos os temas, permitindo assim uma maior profundidade em termos de significância e objetividade.

Apropriadamente denominadas pelo autor de *crenças íntimas*, situam-se nos mesmos planos psicológicos do *Weltanschauung* de Freud (1976), acrescido de dois detalhes de significativa importância para o contexto da pedagogia em particular, e das ciências sociais, em geral. Esses detalhes são, em primeiro lugar, a noção de que, apesar de se revelar uma *construção intelectual*, se reforçam do paradoxal conceito de que, simultaneamente, são, também, temporária e rigidamente ligadas ao conceito primário de tempo e local, uma vez que irão mudar constantemente ao longo dos diferentes estágios.

Num segundo detalhe temos a *construção intelectual* que Freud destacou, centrado então, no nosso contexto, nas *crenças íntimas* de Piaget. E assim, notamos, justamente aqui, uma posição de mudança constante, mas não necessariamente incessante, uma vez que se adaptam essas crenças aos mesmos estágios anteriormente citados. O que nos leva a focar nossa atenção para a maneira como essa compreensão de mundo se dá em função dos aparatos tecnológicos que surgem.

6.2 INTERCORRÊNCIA DA REPRESENTAÇÃO DE MUNDO COM OS ARTEFATOS TECNOLÓGICOS

Nossas crianças lidam no seu viver diário com as mais diferentes implementações tecnológicas dos engenhos criados pelo homem para o bem-estar, para a difusão de idéias, para o entretenimento. São comuns em nossa sociedade, ou, infelizmente, em apenas uma parte dela, os mecanismos robotizados. Assim, temos a utilização de sensores que nos alertam para a presença de pessoas, que acionam a iluminação noturna automaticamente ou a utilização de mecanismos automáticos de acionamento inteligente tais como os semáforos controlados por movimento, e a última - mas não derradeira - criação tecnológica: os robôs, trazendo todo o seu arsenal de recursos para facilitar a vida humana.

A Inteligência Artificial, concebida por Rich (1993), sendo a técnica de proporcionar que máquinas executem tarefas humanas, é uma ciência que proporciona avanços sucessivos em busca de um tempo de adequações e sintonias do homem com o ambiente.

Como extensivamente analisado por Turkle (1989), a inteligência artificial se apresenta como uma visão de futuro que poderá, talvez, oferecer máquinas que atuem como psicoterapeutas, juizes ou médicos.

A divisão conceitual que alguns de nós estabelecemos entre o que é genuinamente humano e o que se transmuta em forma de máquina, provoca, em alguns, desconforto. É justamente a origem desse sentimento que cabe analisar e, dentro do possível, traçar predições em torno de suas prováveis conseqüências a médio ou longo prazo.

A maneira como vemos, adultos e crianças, o computador, pode ser o ponto inicial de uma relação cujo futuro não podemos, nem de longe, prever. Mas isto não significa, muito pelo contrário, que não devamos indagar, investigar, pesquisar. A máquina encontra-se incrustada em nossa sociedade, de maneira tão forte e tão solidamente arraigada, que condicionamos a seu uso, o nosso bem-estar, nosso trabalho e boa parte de nosso divertimento.

Nas próprias palavras de Turkle (1989, p. 268):

Uma coisa é certa: o enigma da mente, desde há muito tópico de filósofos, adquiriu uma nova urgência. Pressionada pelo computador, a questão da mente em relação à máquina tem vindo a transformar-se numa preocupação cultural fulcral. Está a transformar-se para nós naquilo que o sexo representou para os vitorianos – ameaça e obsessão, tabu e fascínio.

As sensações de estranheza quanto aos sentidos e até mesmo à capacidade de reagir que as máquinas apresentam, não são incomuns. Observa-se que elas produzem, em alguns, uma forte rejeição; em outros, um misto de curiosidade e interesse, não sendo raros os casos em que são

tratadas como seres dotados de "*vida*", "*pensamento*" e, mesmo, "*sentimentos*". Cite-se, mesmo que de passagem, a moda dos *tamagochi*, pequenos artefatos eletrônicos que necessitam atenção, alimentação, e, alguns, mesmo, carinho.

Tomamos contato recentemente com um vídeo, divulgado abertamente pela internet, onde um homem tenta comandar seu computador e, ao cabo de infrutíferas tentativas, bate na máquina como se realmente o fizesse em um ser vivo, descarregando toda sua emoção ao ponto de, com raiva, jogá-lo, violentamente, ao chão.

Poderíamos até julgar que o vídeo se trata de uma montagem, como tantas outras que diuturnamente circulam na trama sem limites de censura que é a Internet. No entanto, sabemos comprovadamente de pessoas que, ao operarem as máquinas dispensadoras de dinheiro nos terminais de auto-atendimento bancários, esmurram e esbravejam, batendo até mesmo com pontapés nas máquinas inertes.

Com isto queremos mostrar que, mesmo adultos, ainda remanescem em nossos comportamentos os resquícios que nos fazem tratar a máquina como um ser com vida, inteligência e sentimento. E as crianças? Para responder a este questionamento realizamos o presente experimento. As respostas foram categorizadas segundo a tipificação resumida a seguir.

6.3 TIPIFICAÇÃO PIAGETIANA DE RESPOSTAS EM ENTREVISTAS

Para vermos como nossas crianças se comportam frente aos robôs, utilizamo-nos, como fundamentação, da tipificação piagetiana de respostas em entrevistas, a qual detalhamos abaixo.

Categorizando os tipos de respostas que se podem obter das crianças em padrões observáveis de reação, intimamente ligadas ao exame clínico (Piaget, 2005), Piaget estabelece cinco elementos principais que resumimos na Tabela 2.

Tipo		Descrição piagetiana
Não-importa-o-que-ismo	(A)	Pergunta não provoca, responde qualquer coisa, não constrói -nasce do tédio, deve ser eliminada, pois só testemunha a incompreensão do sujeito examinado.
Fabulação -farsa, motomania, resíduos de crenças anteriores	(B)	Inventa história na qual não acredita, ou na qual crê por simples treinamento verbal -conduzem a orientações, sobretudo, negativas -para zombar do psicólogo ou para evitar refletir mais sobre uma pergunta que a entedia e a fadiga.
Crença sugerida (pela palavra, pela insistência)	(C)	Se esforça, mas a pergunta é sugestiva, ou busca agradar -em nada interessa ao psicólogo -só revela a sugestionabilidade da criança
Crença desencadeada	(D)	Responde com reflexão, extraindo a resposta de sua própria base, sem sugestão -revela hábitos de espírito anteriores ao interrogatório (embora sistematizados sob sua influência) -instruem na medida em que permitem identificar a orientação de espírito da criança.
Crença espontânea	(E)	Não exige raciocínio, pode dar uma resposta pronta, porque já formulada ou formulável. -crença anterior à pergunta -as mais interessantes

As letras maiúsculas entre parênteses destinam-se à Tabela 3, de correlação entre as respostas e esta tipificação.

Tabela 2 – Reações Observáveis no Exame Clínico (Piaget, 2005)

O que apresentamos nos capítulos anteriores procura, então, fundamentar este primeiro experimento de nossa tese. A metodologia de aplicação do experimento encontra-se detalhada mais adiante, em capítulo exclusivo.

O avanço tecnológico pode não ser uma realidade total em todos os lares e escolas, mas, certamente o será, mais cedo ou mais tarde. A parte que, especificamente em nosso caso, nos toca como educador e pesquisador, dentro de nossa experiência e sob nossa ótica, é apresentar para a sociedade em geral, mas principalmente para a comunidade da educação em particular, uma visão mais aproximada dos conceitos e utilizações dessa tecnologia em suas diversas formas e que certamente chegará um dia aos mais remotos ambientes. A robótica é uma dessas formas.

Como mencionamos na introdução, esta ferramenta é utilizada por crianças e podemos ver então a idéia que as mesmas têm de um robô. Este foi nosso primeiro intento, partindo então da gênese para depois fecharmos o foco em um próximo passo em busca do ponto principal.

Como as crianças formulam a idéia de um robô? De que maneira entendem e coadunam suas observações com o fato concretizado? Que idéia têm elas da existência de um objeto que se move de maneira autônoma e realiza atividades em princípio de *per se*?

Com essas questões em mente, entrevistamos, individualmente, dez crianças, sendo 5 alunas da 2ª série e 5 da 3ª série, com idades variando de [7;10]² a [10;2], todas de uma escola particular.

Realizamos, então, entrevistas, conforme a definição de Lakatos (1991, p. 195) “[...] encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de determinado assunto, mediante uma conversação de natureza profissional.”

Para termos um padrão de comparação entre os diversos indivíduos, optamos pela realização de entrevista semi-estruturada, na modalidade, segundo a mesma autora, de *entrevista clínica*, pois desejávamos “estudar os motivos, os sentimentos, a conduta das pessoas. Para esse tipo de entrevista pode ser organizada uma série de perguntas específicas.” (Lakatos, 1991, p. 197).

Nossa ação foi complementada, logo depois, por uma atividade que proporcionamos aos entrevistados, em grupos, de visita a um ambiente onde outros colegas praticavam montagem e programação de robôs. Dessa maneira, procuramos aproximar-nos das ponderações de Minayo (1998, p. 121), que diz que a complementação da entrevista semi-estruturada pode se concretizar, uma vez que “[...] tradicionalmente incluem a presença ou interação direta entre o pesquisador e os atores sociais e são complementadas por uma prática de observação participante.”

Esta escolha deveu-se ao fato de necessitarmos de mais oportunidades para que observássemos atitudes, condutas, reações e outras maneiras com que os sujeitos manifestavam seu entendimento a respeito do tema.

Não desconhecemos aqui o que importantes autores já referenciaram sobre a visão positivista de toda e qualquer estruturação que se imponha a qualquer tipo de entrevista, incorrendo no risco da redução simplista do qualitativo, extrapolando-se, mesmo, para o fato de que “nenhuma situação de entrevista se repete, nem com a mesma pessoa.” (Lakatos, 1991, p. 131). No entanto, consideramos que nossa vivência na área da robótica no ensino permitia, através da observação participante, minimizar estes fatos, que, reconhecemos, estão recobertos de valor significativo, no entanto, não inibidores, nem invalidadores dos dados a serem obtidos.

A entrevista se dividiu em duas oportunidades, em cada uma das quais foi entrevistado um grupo de cinco crianças, de maneira individual. Para cada grupo foi realizado o seguinte procedimento: As crianças que iriam participar da entrevista foram retiradas de aula e aguardavam numa outra sala. Cada aluno era chamado para a entrevista, numa terceira sala. Após a entrevista, retornava para sua sala de aula, sem contato com as que aguardavam sua vez. Com este procedimento se pretendeu

² Utilizaremos a mesma notação usada por Piaget para as idades, separando ano e meses por ponto-e-vírgula.

evitar que a criança que acabava de participar da entrevista revelasse, às outras, as perguntas que lhe haviam sido feitas.

Foi explicado a cada uma, nos momentos que antecediam a entrevista, que a mesma seria gravada, com a finalidade de o entrevistador não esquecer as respostas fornecidas. Também foi ressaltado que não haveria resposta certa ou errada, sendo a única intenção saber, em realidade, o que o entrevistado pensava sobre as questões a serem formuladas, as quais, adiantou-se, eram sobre robótica.

Formulamos então as seguintes perguntas, acrescidas, como preconiza a correta aplicação do método clínico, de questionamentos adicionais quando a ocasião se revelou propícia ou o momento fez necessários novos esclarecimentos: O que é um robô? De onde vêm os robôs? Para quê serve um robô? Robô tem vontade? Robô pensa? Robô tem vida? Um robô consegue aprender?

A concepção material daquilo de que se constitui um robô aparece na maioria das respostas. Especificamente, a denominação máquina surgiu em dois dos entrevistados:

Um robô é uma máquina [...]” (Rodrigo)

Eu não sei muito bem tecnologia, mas sei que é uma máquina. (Geraldo).

Ainda ligado ao conceito da constituição física, surgiram respostas como:

É um boneco de metal. (Tereza).

É um boneco de lata. (Ciça).

É um troço assim, de ferro. (Vitor).

É uma pessoa que é de ferro. (Abel).

Repara-se que as crianças direcionam o seu discernimento em torno da questão “O que é”, para um movimento fortemente centrado em “de que se constitui, de que material é feito”. As respostas abrangem em sua quase totalidade uma idéia de que existe um forte componente material no entendimento do que seja o robô.

Quando consultados a respeito de se robô tem vida, notamos que muitas vezes as respostas são ambíguas, como:

Vida de fazer o que ele quer, não. Mas, se tem um robô, eu tou dando vida a ele, mas não de ele fazer o que quiser. Pra ele fazer o que EU quiser que ele faça. (Rodrigo).

Isto nos trás, também, já uma idéia de programação, ou seja, de um agente externo (a criança, o programador) implementando num outro elemento, o robô, os desejos e instruções de comportamento sobre como a máquina deverá se conduzir.

Não se trata aqui de uma formulação absoluta em termos literais de programar, mas sim, e justamente por isto, bem mais forte, de uma nova psicogênese. Esta indica o entendimento de que a vida é trazida até a máquina, e, mais do que isto, direcionada e comandada por um agente externo, por um elemento que se constitui em última análise, no criador e administrador da criatura, e, por fim, este que comanda é sempre um ser humano com o conhecimento para realizar tal ação.

Isto se reforça na fala de Ciça:

Vida?... Não. Porque não é igual à gente que... que morre [...]

Arrematando, logo a seguir, como explicação para uma provável obsolescência do objeto em função da passagem do tempo: "ele só enferruja". Respostas mais isoladas identificaram uma aproximação mais acentuada no aspecto da criação:

Não... Porque é construído, e não é criado nem da mãe nem do pai. (Geraldo).

Isto nos leva a um entendimento mais aprofundado de que, apesar da aparência de um animismo, subjaz, nos conceitos emitidos, a idéia de que, como muito bem observaram Holland; Rohrman, citados por Turkle (1989, p. 124), "o pensamento animista não é um fenômeno genuíno, mas uma confusão lingüística".

Quando, dias mais tarde, levamos estas mesmas crianças a um passeio pelo laboratório de robótica e tiveram oportunidade de ver outros alunos construindo e programando robôs que realizavam atividades frente seus olhos, ao serem perguntadas sobre se aqueles robôs tinham vida, foram unânimes em responder negativamente. Nesta mesma ocasião, perguntadas sobre quem havia criado aqueles robôs, seus dedos, todos, apontaram na direção dos colegas participantes da oficina de robótica.

6.3.1 Confrontação das Respostas Com a Tipificação Piagetiana

No capítulo anterior apresentamos um resumo da tipificação piagetiana de respostas em entrevista. Apresentamos a seguir a Tabela 3, a qual estabelecendo uma correlação entre aquela tipificação e as respostas das crianças entrevistadas. Colocamos, no corpo da tabela, as mesmas letras maiúsculas utilizadas na Tabela 2.

	Amélia	Abel	Beatriz	Bernardo	Ciça	Geraldo	Priscila	Rodrigo	Tereza	Vítor
Idade	[9;5]	[7;11]	[7;10]	[9;9]	[10;2]	[9;9]	[9;9]	[9;9]	[9;3]	[9;3]
Série	4 ^a	2 ^a	2 ^a	4 ^a	2 ^a	4 ^a	2 ^a	4 ^a	4 ^a	2 ^a
O que é um robô?	N	D	N	D	D	D	A	E	D	E
De onde vêm os robôs?	D	D	N	E	E	E	A	E	E	E
Para que serve um robô?	B	D	N	E	B	N	A	D	D	E
Robô tem vontade?	N	A	A	E	E	A	A	A	D	N
Robô pensa?	B	A	E	E	E	E	N	E	A	E
Robô tem vida?	D	A	A	D	D	A	D	E	A	D
Robô consegue "aprender"?	E	E	D	E	A	D	D	D	D	D

(As letras maiúsculas no corpo da tabela referem-se às titulações convencionadas na Tabela 2, sendo que "N" considera como resposta não fornecida ou que não foi possível enquadrar em nenhuma das tipificações, ou pergunta não formulada)

Tabela 3 – Correlação das Respostas Observadas com a Tipificação Piagetiana

Gráfico 1: Percentuais totais das respostas



Gráfico 2: O que é um robô?

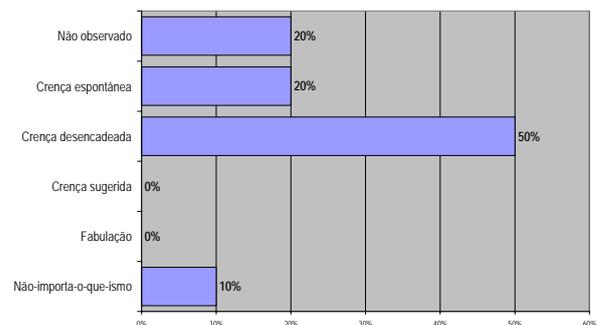


Gráfico 3: De onde vêm os robôs?

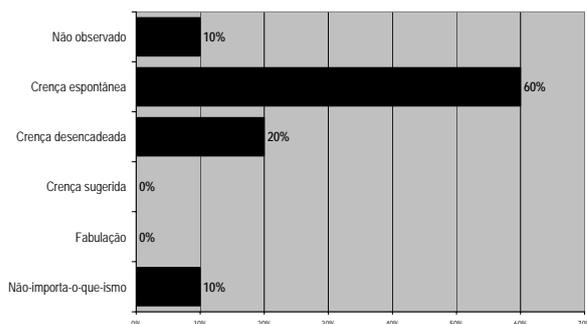
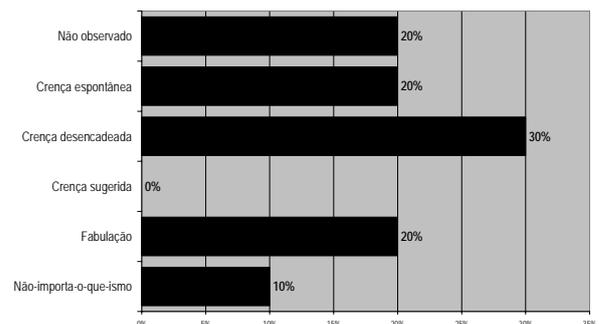
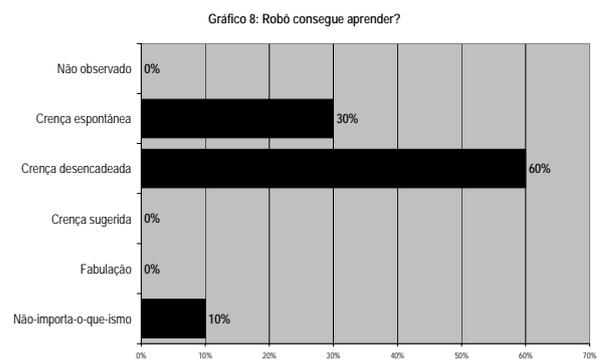
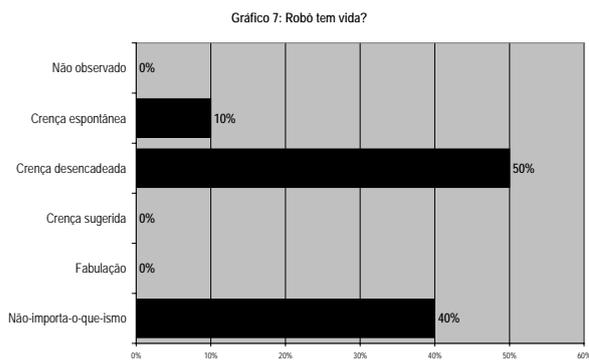
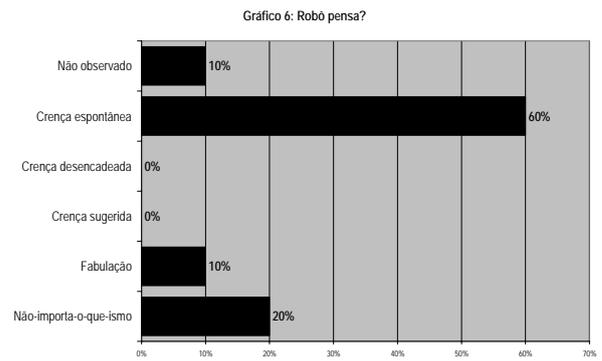
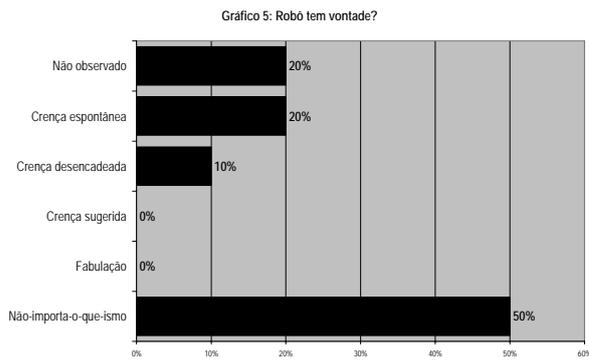


Gráfico 4: Para que servem os robôs?





Dos dados apresentados podemos observar que uma terça parte das respostas (21%) se enquadra na tipificação "A" (não-importa-o-que-ismo), outra terça parte (32%) na tipificação "D" (crença desencadeada) e mais uma terça parte (32%) na tipificação "E" (crença espontânea), o que nos remete a idéia de que existe uma considerável base de respostas com reflexão ou com convicção.

Além disso, a indagação "Robô tem vontade?" teve 50% das respostas tipificadas como "não-importa-o-que-ismo", o que sugere um estudo mais aprofundado sobre esse tema, no sentido de revelar as considerações das crianças a respeito do pensamento e das contingências dessa ação.

Outra concentração de valores se deu na tipificação "crença espontânea", com 70% das respostas na questão "Robô pensa?", o que pode nos levar a centrar novos questionamentos sobre esse tema.

Quanto à questão metodológica, nossas observações apontam no sentido de que o tema robótica favorece uma acentuada concentração dos resultados tidos como *crença desencadeada* e *crença espontânea*, os quais, somados, pontuaram como constantes destaques em todas as questões, excetuando-se o quesito "Robô tem vontade?", onde a tipificação *não-importa-o-que-ismo* assumiu proporções preponderantes em relação às demais.

Isto indica, mesmo que de maneira superficial, um entendimento de que não existe, nas concepções sobre robôs, tanto nas crianças com 7 anos, quanto nas maiores, de 9 anos, uma sensível e progressiva distinção entre *significante* e *significado* (Saussure, 1998). Esta afirmação referenda as

observações de Piaget, sobre a tomada de consciência, no sentido de que se observa uma conduta em interação com comportamento e consciência (Piaget, 1977).

A transmutação da abstração empírica (reforçada nas idades mais tênues pelos esquemas assimiladores) para a abstração, a qual permite a reflexão, acompanhada pela consciência dos dados da concreta observação, se apresenta em nosso experimento através das concentrações de respostas nos observáveis no exame clínico, por meio do alargamento do campo da consciência, reforçado pelo sentido do observável e do concreto.

Sabíamos até aqui o que as crianças pensam sobre robôs. Partimos então para procurar descobrir como explica o que pensam.

7. O 2º EXPERIMENTO: COMO A CRIANÇA EXPLICA O QUE APRENDEU, EM ROBÓTICA

Piaget, ao analisar a relação que se estabelecia entre a visão que as crianças possuíam sobre os artefatos mecânicos, comparativamente ao mesmo olhar sobre a natureza, pontuava que:

Sabendo que para os olhos das crianças mais jovens tudo na natureza é manufaturado, é altamente provável que o progresso no conhecimento da técnica humana levará a criança a corrigir sua própria visão de natureza. A mera observação da natureza é destorcida demais pela visão infantil para que atribuamos a ela a queda do artificialismo. É fazendo coisas e vendo essas mesmas coisas serem feitas que a criança aprenderá sobre a resistência dos objetos externos e a necessidade de processos mecânicos. A partir daí o entendimento das máquinas parece ser o fator que provoca a mecanização das causas naturais, e o declínio do artificialismo na criança. (Piaget, 1966, p. 234).

No momento em que uma criança explica algo, como se dá o processo de produção dessa explicação? Durante essa atividade a criança procura traçar relações e estabelecer vínculos do que explica com o que já conhece a respeito daquilo que aprendeu.

Ao observar como se davam as explicações formuladas, Piaget distinguiu duas categorias fundamentais originárias da intencionalidade, que denominou *função explicadora* e *função implicadora* (Piaget, 1999). Ambas são constituintes de qualquer atividade do pensamento, sendo que a primeira é uma instância de dentro para fora, onde o pensamento realiza um movimento de origem no indivíduo e destino no mundo exterior, e a segunda realiza um movimento direcionado para o centro, de reflexão das intenções e conexões.

A função explicadora resulta, com efeito, dessa necessidade que sente a criança, desde que tomou consciência de intenções, de projetar em todas as coisas essas intenções. De um lado, ela está diante de pessoas cujas ações se tornam previsíveis e suscetíveis de serem motivadas; do outro lado, ela assiste a um mundo de fenômenos e de acontecimentos que até então não resistiam ao pensamento e não exigiam conseqüentemente uma explicação, mas que agora se tornam um obstáculo à fantasia do mesmo modo que as próprias pessoas. (Piaget, 1999, p. 272).

A função explicadora constitui-se de dois pontos perfeitamente definidos, a explicação psicológica e a explicação material. Esses dois pontos teriam inicialmente uma proximidade razoavelmente considerável, no entanto, sofrem um afastamento gradual à medida que o fator tempo se desenrola ao longo do processo.

A função explicadora possui seu vetor orientado no sentido das coisas, e a função implicadora orienta sua atenção para as idéias e julgamentos. Também dois pontos constituem a função implicadora, sendo um o fator psicológico (o mesmo da função explicadora) e outro, tudo aquilo relacionado à justificação lógica, como a razão dos julgamentos, as definições, os nomes.

Ao complementar o estudo da gênese da noção de número na criança, Piaget empreendeu uma abrangente análise a respeito do relacionamento da criança com o mundo que a cerca (Piaget, 1971), abordando muito além do que apenas a noção da quantidade, avançando em relação aos elementos constitutivos da epistemologia humana. O poder de desenvolvimento intelectual e existencial da criança se torna um fator de sua operacionalização desta com as instâncias que lhe são próximas, estabelecendo a relação simbiótica do convívio com os objetos que fazem parte da vida e de um mundo *em relação*.

Assim é que, ao explicar a natureza, os objetos ou a relação entre estes, a criança estabelece operações lógicas as quais não se manifestam de maneira isolada, mas sob a forma de sistemas de conjunto, de uma maneira tal que cada operação só existe em função de cada uma das outras. O grupamento se define, então, como a realidade concreta e natural no domínio das operações. O grupamento seria a ação contrária ao egocentrismo (Piaget, 1971).

Observa-se então que o sujeito, ao explicar, projeta uma estrutura pedagógica sobre a realidade que interiorizou sobre o tema. Ao ver um fenômeno, projeta uma função sobre o mesmo, explicando o objeto através da função, construindo toda uma estrutura conceitual, operatória, de operações abstratas, lógicas e matemáticas, projetadas sobre a realidade, explicando a própria realidade. Na medida em que aquilo que a criança projetou está de acordo com o funcionamento do objeto (no caso, o robô) pode-se constatar que entende e, por conseguinte, explica. Quando não consegue explicar é porque o modo como foi ligado com a realidade não encontrou correspondência com as estruturas anteriores. Então, explicar algo é o processo de ajustar essa estrutura e o modo de projetar para que a realidade caiba na estrutura.

Este experimento se desenvolveu ao longo de duas fases distintas. Uma primeira, em que observávamos a atuação das crianças nas atividades de robótica e procurávamos encontrar em suas atitudes a razão pela qual se empenhavam nessas tarefas. Logo depois, iniciamos uma segunda fase, quando desenvolvemos um estudo mais metódico, associado a um projeto de observação, com um roteiro definido de questões a observar.

Unindo ambas as fases, nossa intenção era extrair o momento em que se realizava a explicação daquilo que acontecia: como a criança explica o que está acontecendo e como se dá esse processo de explicação, tanto no que se desenvolve no nível da programação, quanto naquilo que sucede com o robô.

7.1 PRIMEIRA FASE: a observação sem o método

Na primeira fase realizamos uma revisão das 70 horas de gravação de vídeo, as quais, sem possuir uma metodologia específica de observação, capturavam, no geral, as atividades e interações entre os sujeitos.

Não obstante a inexistência de método, ou, pelo menos, de um método previamente estabelecido de observação, tivemos oportunidade de, pela primeira vez, aproximar-mo-nos, pelo menos de uma maneira tangente, do que viria a se revelar depois, no aspecto principal desta tese, ou seja, da atenção bi-focada da criança (máquina e programação), ao montar e programar robôs.

Um exemplo da primeira fase, que ilustra perfeitamente essa dupla atenção, podemos extrair de uma de nossas anotações sobre um dia comum de atividades, onde um novo aluno foi introduzido na turma e destacamos um outro colega para apresentar-lhe as noções iniciais de utilização do software de programação:

Anotação do dia 26.02.2006. Encontro nº 06, Escola X. Olavo ensina Domingos a programar: "Neste dia, por alguma razão que desconheço, Olavo está com muita pressa. Domingos senta-se a sua esquerda, coloco a câmera numa posição à direita, de maneira que consigo capturar a imagem dos dois alunos mais o monitor do computador. Era o primeiro dia de Domingos e atribuí a Olavo a tarefa de repassar-lhe as noções básicas de operação do programa. Os demais alunos estão entusiasmados com a montagem do dia e o volume de alguns comentários deixa o pequeno laboratório com um pequeno princípio de um agradável tumulto de descobertas. Apesar do ruído em volta, os dois se mostram bastante interessados e, em nenhum momento desviam os olhos da tela. A tarefa daquele dia consistia na montagem de um sistema planetário, fazendo uma ligação com a disciplina de ciências, onde, naquela semana, haviam iniciado os estudos do sistema solar. Enquanto os outros dois colegas de seu grupo principiavam a esquematizar a montagem de sua tarefa, os dois aguardavam que abrisse a tela inicial da interface de programação.[...]

Olavo principia clicando e apontando os comandos: "Olha, este aqui é o que inicia. Tem que clicar aqui, onde diz Programador, depois tem que escolher esta opção Inventor 4, aí abre a tela prá programar". As informações se sucedem de maneira tão rápida e as telas abrem e fecham com tal velocidade que Domingos não tem tempo para nada além de franzir a sobancelha. Nenhum questionamento até então, mesmo porque, parece, não há muito a perguntar. Agora sim, os dois sentam-se mais à frente nas cadeiras, parece que vai começar o aprendizado. Olavo faz uma explanação geral sobre a tela de programação, detendo-se um pouco mais na paleta de comandos. "Este aqui é o motor. Quando tu queres fazer andar prá frente clica neste, quando quer andar prá trás clica neste outro." Deixo a câmera sobre a mesa e me afasto. Domingos, o aluno novo, se aproxima e cochicha algo no ouvido de Olavo, olhando para a câmera. Apesar de não se ouvir, perfeitamente pode se depreender que se refere à filmadora, que ficara ligada, ao que Olavo, dando de ombros, simplesmente responde: "Eu sei" e continua clicando sem desviar os olhos da tela. Para continuar a programação, Olavo agora precisa determinar em que porta programar o motor, bem como em que sentido ele deverá girar. É a primeira vez que desvia os olhos do computador. Olha para os outros dois colegas que estão envolvidos na montagem e, medindo a distância que no momento os separam, conclui que é longe demais para travar um diálogo sem gritar. Então pede a Domingos: "Vai lá e pergunta prá eles em que porta eles vão ligar o motor e prá que lado tem que andar o planetário"

7.2 SEGUNDA FASE: a observação através de uma atividade padrão

Na segunda fase elaboramos uma atividade padrão para ensinar a uma criança (a qual não estava em contato com a robótica, portanto, não sendo um de nossos alunos). Chamávamos um aluno, a quem ensinávamos, passo a passo, a montagem de um robô extremamente simples, composto de poucas peças e um único motor. A seguir apresentávamos a programação do mesmo, também bem simples, constituída de instruções para o robô andar para frente durante 1 segundo e parar quando fosse pressionado o sensor de impacto. Junto com a atividade, elencamos uma série de pontos principais a observar.

Era explicado a esse aluno, que, após aprender, iria ensinar a outro colega o que havia aprendido. Esta experiência aplicamos com dois alunos, ambos da 3ª série, os quais, um de cada vez, ensinaram a um outro colega, da mesma turma, a atividade aprendida.

Nossa intenção, ao realizarmos este experimento, era observarmos como se dava a explicação, por parte da criança, de algo que aprendera. Este *algo*, no presente escopo, era, justamente, a montagem e a programação de robôs.

Diferentemente do primeiro experimento, deixamos de realizar uma entrevista através de um questionário, concentrando-nos na tarefa de observação dos métodos e ações utilizados para repassar o aprendizado a outro colega.

Procurávamos então, nesta fase, conforme preconizado por Piaget (2005), recorrer:

[...] à observação pura. Toda pesquisa sobre o pensamento da criança deve partir da observação e a ela voltar para controlar as experiências que essa observação vier a inspirar. Ora, no tocante aos problemas que abordaremos em nossa pesquisa, a observação oferece uma fonte de documentação de primeira grandeza. (Piaget, 2005, p. 12).

Nossos pontos de observação eram: (a) como é que o sujeito explica o que acontece; (b) se e como estabelece vínculos do que explica com o que já conhece.

No entanto, tudo o que esse experimento nos revelava, era que a criança procurava manter-se o máximo fiel aos termos que acabara de ouvir e que resultava simplesmente um quadro de repetição diretamente proporcional ao quanto a criança se lembrava dos ensinamentos que obtivera.

Não obstante os sujeitos observados realizarem suas missões com considerável eficiência, ou seja, realmente ensinavam o que haviam aprendido, restava-nos a dúvida, ainda, se havia, por parte dos mesmos, em relação àquilo que repassavam, algo mais complexo do que o que apresentavam. Se o processo se revelaria mais complexo do que uma simples percepção interior (Piaget, 1977). Em outros termos, se havia uma tomada de consciência dos fenômenos observados.

Assim foi que, mais do que um complemento, e sim procurando aprofundar o estudo e fechar ainda mais o foco sobre o que observávamos, passamos a terceira fase de nossos estudos, que objetivava observar se, quando e como ocorria a *tomada de consciência*.

8. O 3º EXPERIMENTO: A TOMADA DE CONSCIÊNCIA

Considerada como uma construção, no sentido em que estrutura seus diferentes níveis, elaborando-os e incorporando-os aos esquemas já formados anteriormente, a tomada de consciência faz parte de um importante conjunto de conceitos fundamentais para a educação. Isto ocorre no seu aspecto mais geral, mas também se manifesta, e de uma maneira muito especial e significativa, para o estudo que estivemos desenvolvendo, na aplicação das técnicas aprendidas em robótica com os conhecimentos pertencentes a todo o arcabouço anteriormente montado pela criança.

Esta teoria, elaborada por Piaget (1977), inicialmente como um complemento aos trabalhos sobre a causalidade, adquiriu, ao longo do tempo e com o desenvolvimento dos estudos sobre a psicogênese, uma importância cada vez maior, uma vez que as estruturas causais se encontram passíveis de serem modificadas não só em aparência, mas também em profundidade, pelos diferentes níveis de conceituação que o indivíduo apresenta na atuação frente a um objeto.

Concebe-se, então, a tomada de consciência, como possuindo dois pilares sobre os quais se assentam as digressões em torno do tema: no nível sensório-motor e no nível representativo. No primeiro, a criança estabelece conexões de causa, unicamente naquilo que consegue interagir de maneira tátil; no segundo, a causalidade se apresenta como uma relação entre o objeto e suas propriedades.

Piaget estabelecia como a principal razão do estudo sobre a tomada de consciência, a necessidade de observar como se dão as conceituações elaboradas sobre efeitos que dependem das ações da criança, quando esta se encontrava resolvendo o que chamava de problemas com *sucessos precoces*, ou seja, que podiam ter seus resultados enunciados antes da ação ocorrer.

Assim é que o estudo se desenvolve a partir de dois eixos simultâneos, ou seja, o que a criança observa das relações causais e, ao mesmo tempo, de que forma e com que agilidade é assimilada a relação estabelecida entre os objetos como independentes da ação da criança.

A afirmação de Piaget (1977, p. 197) de que: “[...] a tomada de consciência de um esquema de ação o transforma num conceito, essa tomada de consciência consistindo, portanto, essencialmente, numa conceituação [...]” nos leva a ampliar nosso entendimento. Ou seja, a tomada de consciência não se forma num instante determinado ou numa segmentação do tempo, mas, isto sim, é o resultado de sucessivas e intermitentes elaborações construídas em torno do objeto e de sua associação com as

estruturas já formadas. Com isto, provoca, nas mesmas estruturas, novas modificações no complexo cognitivo do sujeito, ocorrendo, então, a formação de mais elevados níveis de consciência. Estes são provocados, justamente, pelos fatores de inadaptação. Mas não só por estes fatores: o contexto, muito embora inclua as inaptações, é mais amplo, atingindo o nível de conceituação, ou seja, a transformação do esquema em conceito, na medida em que as relações causais promovem generalizações em ações.

O termo *conceituação*, cunhado por Piaget, envolve necessariamente a idéia de movimento, ainda que interno, mental, cognitivo, traduzido numa “[...] passagem da assimilação prática [...] a uma assimilação por meio de conceitos.” (Piaget, 1977, p. 200).

Piaget chamou de *solidariedade epistêmica* a relação entre os movimentos de interiorização e exteriorização, sendo o primeiro, responsável pela tomada *de* consciência das ações, acrescido da conceituação das operações lógico-matemáticas e, o segundo, o movimento que leva, ao mesmo tempo, às aplicações causais e ao conhecimento experimental.

No que concerne à robótica, a teoria piagetiana da tomada de consciência encontra sua aplicação especialmente no momento em que estabelece as *coordenações inferenciais* (Piaget, 1977). Sob esta expressão são apontadas as relações que o sujeito em sua interação com o objeto não percebe, mas que, em maior ou menor grau, consegue apreendê-las por dedução através de lógica própria do sujeito, aquela obtida das coordenações gerais das ações do sujeito. Assim é que a ação constitui um saber, uma vez que é a fonte da compreensão conceituada, vindo, em última instância, a contribuir significativamente na tomada de consciência.

O 3º experimento teve sua aplicação, também dividida em duas fases. Uma primeira em que aplicávamos todo o experimento, conforme descrito no *Protocolo*, no Anexo 2, seguido de uma segunda fase em que, para centrarmos ainda mais o foco, colocamos nossa atenção em um ponto específico do mesmo.

Na primeira fase aplicamos o experimento com 24 alunos de uma escola particular. Na segunda, aplicamos com 44 alunos, de outra escola particular. Descreveremos a metodologia de ambos, nos parágrafos seguintes.

Através da experiência que descrevemos a seguir, procurávamos observar a maneira como a criança se apropriava dos conhecimentos adquiridos e do nível de intervenção que desenvolviam, ao longo de cada estágio desta atividade. Tornou-se importante, então, registrar as diversas formas como ela vê o objeto e de que maneira se apropria do entendimento de como o mesmo funciona, ou seja, a tomada de consciência sobre a ação do mecanismo.

Convém, neste ponto destacar que a robótica permite partir de algo que possui um funcionamento físico e ajustá-lo a um meio detentor de uma carga procedimental abstrata, com um raciocínio abstrato, que é a programação da lógica de funcionamento. A ação se constitui, então, em unir esses dois mundos.

Daí a importância da atividade da criança, ao manipular, ao fazer, ao experimentar e, então, ver o resultado para retornar e reconstruir o seu pensamento. Com isto percebe-se o quão importante se tornam estes procedimentos durante a fase da tomada de consciência. Desenvolve-se, assim, um fio condutor para justificar as apropriações de conhecimento e sua aplicabilidade nas ações desencadeadas.

Some-se a estes aspectos o fato de que a prática da interpretação, que se desenrola nesse tipo de atividade, possibilita ao aluno desenvolver significativamente o raciocínio. Isto se dá, atuando sempre de forma, ora a prever as ações necessárias ao atingimento de um determinado objetivo, ora exercendo simplesmente o método de tentativa e erro, mas, especialmente neste último caso, retornando ao aspecto interpretativo da ação, lançando, agora sim, um olhar para o futuro de suas intenções quanto àquele objeto que pretende montar e programar. Este movimento de execução, análise e reflexão, constitui-se uma das vertentes da construção do conhecimento.

Na fase anterior de nosso experimento pudemos observar que, nas atividades de robótica, a explicação da criança, dentro do contexto do aprendizado, da previsão e execução de uma ação de *êxito futuro* [(Piaget, 1977) e (Piaget, 1978)] não serve para ela mesma, ou seja, não se encerra em si mesma. A criança, ao explicar, consegue perceber algo, estabelece, então, ligações entre aquilo que pensa e o que executa, instituindo assim o vínculo imprescindível entre fazer e compreender.

O experimento consistia em acompanhar a montagem de uma cancela robótica (Figura 5), sobre fundo branco, a qual deveria levantar seu braço quando da chegada de um veículo (preto). Para tanto utilizamos um motor, um sensor de cor, uma polia e uma correia, mais algumas peças estruturais como mostrado na (Figura 5), acrescido, naturalmente, do controlador RCX.

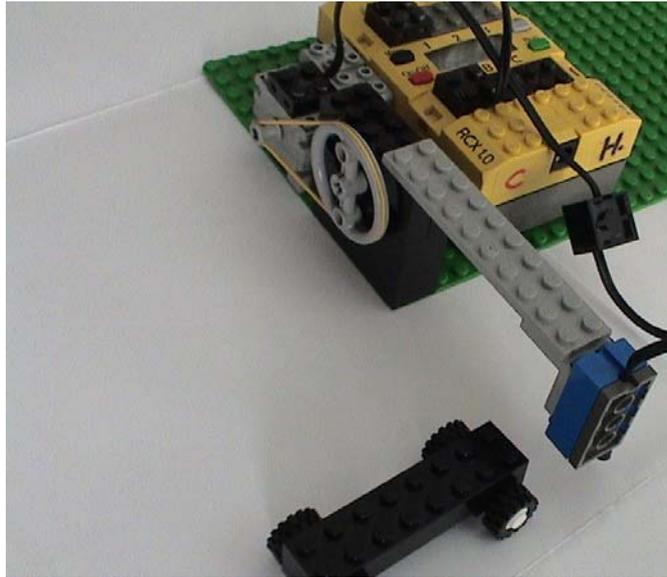


Figura 5 – Cancela Robótica já Montada

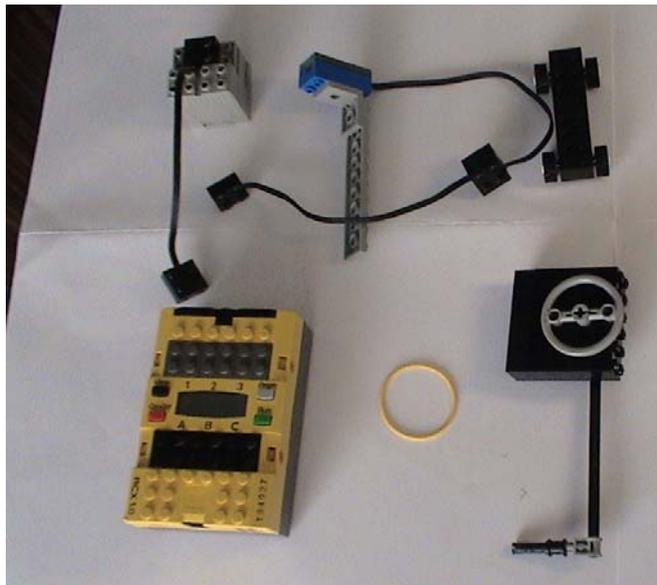


Figura 6 – Componentes Utilizados na Montagem da Cancela Robótica

O protocolo do experimento inicial desta terceira fase de nossa pesquisa está detalhado no Anexo 3. O mesmo era constituído de 20 passos, com quatro pontos específicos de observação: o passo 18, com dois pontos: quando a cancela baixa, em vez de levantar, juntamente com a solução para este problema; e os passos 19 e 20, com a colocação do problema de que, após o carro passar, a cancela só deverá baixar quando chegar ao ponto 2, bem como da programação para tanto.

A configuração do local da entrevista possuía a disposição apresentada na Figura 6. A câmera era colocada de maneira que pudesse captar as peças do robô e o rosto do aluno.



Figura 7 – Posição do Pesquisador, do Sujeito e do Robô

Desta maneira, entrevistamos 24 alunos do ensino fundamental, sendo 2 da 4ª série, 5 da 5ª, 6 da 6ª, 6 da 7ª e 5 da 8ª. A distribuição em termos de idades constituiu-se em 2 alunos com 9 anos, 6 com 10, 4 com 11, 4 com 12, 6 com 13 e 2 com 14.

O quarto ponto específico de observação, por revelar-se durante as entrevistas de difícil apresentação, devido ao acúmulo de informações que necessitaria de assimilação por parte dos alunos, foi deixado de ser considerado nesta compilação.

Descrevemos a seguir a apresentação, tal como era realizada:

Nós vamos montar um robô e, para isso, tu vais me ajudar, está? Bem, isto aqui é o cérebro do robô: é onde ele dá as ordens para as outras coisas. Isto aqui é um motor. Motor serve para girar, tanto para um lado, como para o outro, olha:(mostrando). Vamos ligar este motor, com este fio, aqui no cérebro, na letra A. Motores podem ser ligados nas letras A, B ou C. Para o robô funcionar precisa de um programa. Então nós vamos fazer um programa, aqui no computador e depois passamos para o robô. Vamos fazer um programa para o motor andar para frente (mostrando com os dedos o sentido), durante um segundo e depois parar. O programa a gente faz clicando nestas figuras aqui. Primeiro clica na figura do motor. Motores são estes aqui. Qual deles que eu vou pegar (criança responde: o que tem a letra "A"). Muito bem. Tu vistes que tem dois motores da letra "A"? Olha bem e me diz qual é a diferença entre eles (criança responde: um tem uma flecha prá lá e o outro prá cá). Muito bem. Isto significa que este faz o motor andar prá trás e este outro faz o motor andar para frente. Então vamos pegar o que faz andar para frente. Clicamos nele e arrastamos para cá. Qual a outra ordem que precisamos dar para o robô? Que é para andar para frente durante um segundo. Então, para dizermos o tempo durante o qual vai girar o motor, clicamos neste relóginho aqui. Aí aparecem vários outros relógios. Qual deles vamos pegar? (criança responde: o que diz " 1 segundo"). Isto mesmo. E a última ordem que precisamos dar para nosso robô é que, depois de girar, para frente, durante um segundo, ele deve parar. Aí, para parar, clicamos neste sinal de trânsito que diz para parar. Observa que temos vários sinais de "pare". Qual deles vamos usar? (criança responde: o que tem a letra "A"). Isto mesmo. Clicamos e arrastamos para cá. Então está pronto o nosso programa. (Figura 7).

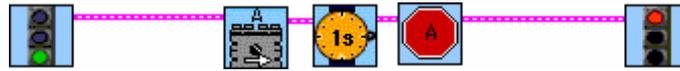


Figura 8 – Primeira Etapa da Programação

Mas o programa está aqui no computador. E nós precisamos passar esse programa para cá, para dentro do cérebro do nosso robô. Isto é feito através deste transmissor, que é parecido com o controle remoto da televisão. Clicamos aqui e ... pronto. O programa já está dentro do cérebro do robô. Vamos ver então o seu funcionamento. A gente liga o robô nesta tecla vermelha, depois, para mandar funcionar o programa clicamos nesta tecla verde. E... o motor girou, durante um segundo e depois parou. Oquei?

Agora vamos acrescentar no robô isto aqui: isto é um sensor de cor. É como se fosse os olhos do robô. Ele fica olhando e fica dizendo lá prá dentro do cérebro do robô a cor que ele está vendo. Por exemplo, aqui (aponta para a base da mesa, branca) ele manda dizer: "estou vendo branco", agora, aqui (coloca o carro preto já montado) ele vai dizer que está vendo preto. O sensor de cor liga-se por este fio na porta 1 do cérebro. Agora nós vamos colocar no nosso programa a instrução correspondente ao sensor. Assim: este é o comando do sensor. Eu clico e arrasto para cá (no início do programa). Então nosso programa ficou assim: "quando o sensor ver algo preto irá girar o motor, para frente, durante 1 segundo e depois parar". (Figura 8) Enquanto ele não vir algo preto ele não faz andar. Vamos costurar os comandos e agora transferimos para o cérebro. Vamos testar. Roda o programa (apontando para o branco). Porque não está rodando o motor? (criança responde: porque ta vendo o branco). Muito bem, agora chega o carrinho preto aqui embaixo do sensor. (o motor gira) Viu? Quando o sensor viu o preto mandou girar, assim como está lá no nosso programa.

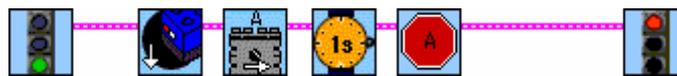


Figura 9 – Segunda e Última Etapa da Programação

Agora, esse robô que nós montamos, nós vamos colocá-lo nesta plataforma. (coloca a prancha). E vamos acrescentar este braço (já montado anteriormente). Isto aqui será uma cancela que nem aquelas que tem nos pedágios. Olha como ele vai funcionar (mostrar) Quando o motor girar para este lado irá movimentar esta borrachinha (correia) que irá girar esta rodinha (polia do braço) que vai fazer o braço levantar. Mas quando é que o braço tem que levantar (criança responde: quando chega o carro). Isto mesmo. Então eu vou colocar o meu sensor bem nesta posição, para que quando chegue o carro ele enxergue o preto. Vamos fazer funcionar o programa, então. (criança pressiona o botão "Run"). Ora!? Porque não levantou o braço? (criança responde: é porque ainda não viu o preto do carro). Muito bem. Então chega agora com o carro embaixo do sensor. (a cancela levanta). Viu só? Quando o carro chegou, o sensor viu o preto e aí fez o motor girar para este lado, levantando o braço da cancela.

Agora vou te fazer a última pergunta (retira a montagem do campo visual da criança): E se eu quisesse que, quando o carro chegasse, em vez de levantar o braço, que baixasse o braço... o que eu tinha que fazer? (criança responde: modificar no programa o motor com flecha para o outro lado).

Como a experiência criava uma série muito grande de pontos de observação, os quais, não obstante enriquecerem o trabalho, levariam a um espalhamento do foco, resolvemos centralizar ainda mais nossa atenção, reduzindo o experimento para podermos detectar, num ponto específico, o ponto central de nosso objetivo.

Assim foi que centramos nosso interesse na primeira etapa do experimento. Isto significa que, primeiramente, apresentamos ao sujeito os conceitos básicos de giro do motor (num sentido e no outro), bem como os fundamentos da programação, com um programa que acionava o motor num

sentido, durante um segundo e depois parava, seguido da apresentação do sensor de cor, o qual, após detectar a cor preta, acionava o motor durante um segundo e parava.

Após assegurar-nos de que o aluno estava seguro deste primeiro funcionamento, apresentávamos a idéia da cancela robotizada, cuja função era erguer-se quando o carro (preto) estivesse posicionado sob o sensor de cor, tal como fora apresentado ao aluno na introdução.

Após essa apresentação, passávamos, então, ao ponto de observação. Retirávamos do campo visual do aluno a montagem e perguntávamos como deveríamos proceder se desejássemos que a cancela, em vez de abrir, fechasse.

A ação esperada era justamente na cancela, ou seja, mecânica, concreta, e, para que a mesma lograsse êxito, a solução se encontrava no programa (mudando o comando do sentido do motor). Em síntese: o problema estava na máquina, e a solução estava no programa.

Para chegar à resposta esperada o aluno precisa, necessariamente, valer-se de um grau de abstração realmente significativo, uma vez que a simples observação da realidade não contempla o espectro dos *possíveis* para a solução.

Trata-se de um momento em que as estruturas cognitivas exigem o mais elevado desenvolvimento, utilizando-se, na resolução de problemas, das proposições inter-proposicionais, atribuindo ao *possível* um papel de relação com as verificações de realidade (Inhelder, 1976, p. 185)

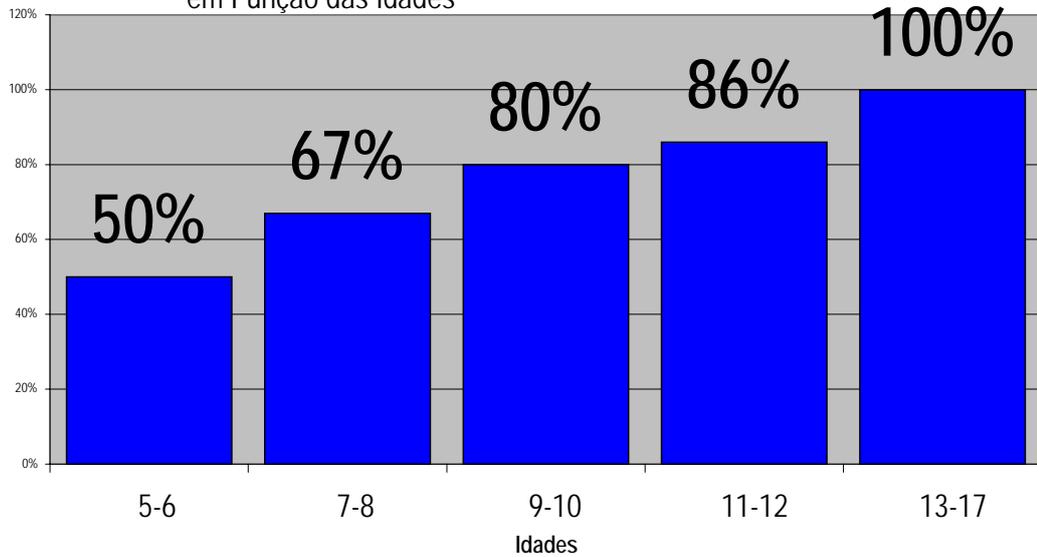
Assim sendo foi que aplicamos este teste de foco concentrado com 44 sujeitos, sendo 2 casais de cada adiantamento, desde a 1ª série do Ensino Fundamental, até o 3º ano do Ensino Médio.

O posicionamento do pesquisador, do aluno, da montagem robótica, do computador e da câmera, foram os mesmos descritos na primeira etapa deste 3º experimento.

Desta vez, por termos exaurido os alunos da escola anterior, aplicamos o experimento em outra escola, também particular, de mesmo nível sócio-econômico.

Os resultados da formalização em função das idades podem ser encontrados no gráfico a seguir.

Gráfico 9 – Percentual de Alunos Que Agiram no Estágio Operatório Formal, em Função das Idades



Os resultados revelam que a ocorrência de ações no operatório formal acontecem de maneira diretamente proporcional ao aumento da idade entre os sujeitos. Isto vem a confirmar a evolução dos possíveis dentro do contexto da evolução que se mostra natural. Com esta experiência esperamos ter contribuído, através da robótica, com a disponibilização de um novo ferramental para novos estudos que se apresentarem como necessários dentro deste tema.

9. CONCLUSÕES

9.1 UMA PROPOSTA DE FORMULAÇÃO DE DIMENSIONAMENTO DOS MECANISMOS CENTRAIS DA AÇÃO DO SUJEITO E DAS PROPRIEDADES INTRÍNSECAS CENTRAIS DO OBJETO NA TOMADA DE CONSCIÊNCIA, QUANDO DA DUALIDADE DE OBJETOS

Como exposto anteriormente, através dos três experimentos vivenciados nesta tese, a robótica se revela com uma riqueza de relação sujeito – objeto, como raras vezes encontrada em outras atividades pedagógicas.

Este tipo de relação foi sensivelmente analisada e compreendida por Piaget, em várias de suas obras, notadamente, no que nos interessa, em Piaget (1977, 1978 e 1985).

Muito embora, como de costume, a análise foi marcada por sua profundidade, riqueza de detalhes e extensa fundamentação, situou-se, sempre, do ponto de vista em que a relação do sujeito se dava com um único objeto.

No entanto, nas situações em que a elaboração das explicações físicas se dá sobre mais de um objeto, como na montagem e programação de robôs, torna-se interessante a possibilidade de dimensionar-se o quanto podem ser amplificadas as propriedades intrínsecas centrais desses objetos, vinculadas aos mecanismos, também centrais, da ação do sujeito.

O que apresentamos é a possibilidade de, com base estritamente nos pontos de delimitação dos mecanismos de ação e das propriedades do objeto, assinalados por Piaget, apresentar uma proposta de ampliação deste enfoque, através de uma formulação para o dimensionamento das estruturas lógico-matemáticas (ϵ), em função dos pontos de periferia P_1 e P_2 .

9.1.1 Piaget e o Êxito das Ações

Piaget dedicou duas de suas mais detalhadas obras para a análise daquilo que chamou de *êxito das ações*. Na primeira, "A tomada de consciência" (Piaget, 1977), analisou as ações de êxito precoce, ou seja, aquelas em que o sujeito sabe fazer mas não sabe explicar como fez. Na segunda, "Fazer e compreender" (Piaget, 1978), abordava as ações de êxito tardio.

Ao propor as razões funcionais da tomada de consciência, Piaget relembra Claparède ao afirmar que a tomada de consciência é resultante mais das situações de diferença entre objetos e menos de suas semelhanças, interpolando essa observação para afirmar, parcialmente, que são os fatores de inadaptção que, em verdade, provocam a tomada de consciência. Complementa esta afirmação, registrando que isto se torna possível através da intensificação das atividades das regulações.

Explica-se a parcialidade da afirmação anterior pelo fato de que a tomada de consciência também foi observada de maneira tardia, sendo a inadaptção apenas um caso particular do conjunto geral dos processos que resultam em tomada de consciência.

Uma lei geral é proposta: a de que *a tomada de consciência procede da periferia para o centro*. Com estes termos estabelecia a referência entre sujeito e objeto, sendo a periferia a região resultante da relação entre sujeito e objeto (Figura 9).

Tendo em vista a existência dos pontos extremos, quais sejam, sujeito e objeto, é natural que existam então dois centros, identificando-se um para o sujeito e outro para o objeto.

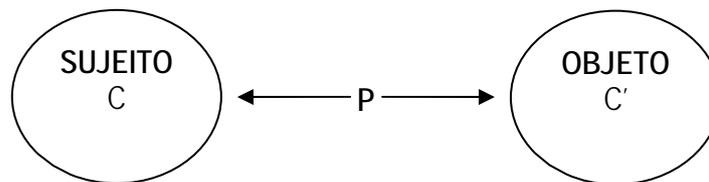


Figura 10 – Diagrama Piagetiano da Tomada de Consciência e do Conhecimento do Objeto

Ponto de destaque neste conceito é de que o conhecimento se origina, diferentemente do que se poderia originalmente concluir, não do sujeito, nem tão pouco do objeto, mas sim, exatamente da região que limita ambos, denominada por Piaget, justamente, de periferia, uma vez que se situa interposta entre sujeito e objeto.

Portanto, a origem do conhecimento provém da interação entre sujeito e objeto, simbolizado, na Figura 9, pelo ponto P, o qual é, de maneira simultânea, periférico ao sujeito e ao objeto.

Dois problemas se identificam, no que concerne a origem e orientação: a tomada de consciência e o conhecimento do objeto. A formulação piagetiana, anteriormente referenciada, responde que o primeiro orienta-se da periferia para o sujeito, mais precisamente para os mecanismos centrais da ação do mesmo. O segundo possui orientação partindo também da periferia, dirigido então, a outro ponto central, desta vez ao conhecimento do objeto.

Essas duas ações possuem estreito relacionamento, uma vez que procedem de um mesmo experimento, sendo justamente sobre essa correlação que Piaget postulou a lei essencial da

compreensão dos objetos como da conceituação das ações (Piaget, 1977, p. 199). Assim é que o conceito surge como resultante de um esquema de ação, transformando-se em conceituação a própria tomada de consciência.

No sentido epistêmico da análise piagetiana, a construção das estruturas lógico-matemáticas seriam a coroação dos processos ocorridos no sentido da periferia **P** para a região central **C**, denominados, assim, processos de interiorização, comparativamente aos processos de exteriorização, quando o movimento ocorreria da periferia para a região central **C'**, sendo este movimento responsável pela elaboração das explicações físicas.

9.1.2 A Natureza Causal do Simbólico na Robótica

Na ciência da computação em geral, e na robótica, como um caso particular, o objeto, na realidade, encontra-se dividido: o símbolo e o objeto simbolizado.

Isto significa que o objeto propriamente dito possui uma representação simbólica, no sentido matemático. A grande diferença está em que, matematicamente, o símbolo codifica uma operação também simbólica. Já na robótica, o símbolo representa e atua sobre uma operação externa, ou seja, controla o funcionamento do mesmo mecanismo representado simbolicamente.

Na informática, e na robótica por extensão, o símbolo possui uma natureza causal, ou seja, o símbolo computacional é dotado de um poder capaz de agir, de provocar uma ação. Por exemplo, no computador, o botão com o "x" no canto superior direito de uma janela provoca o encerramento do aplicativo que se está utilizando. O símbolo "botão com x" provoca um acontecimento real, efetivo e concreto, qual seja, fechar o arquivo.

Da mesma forma, na robótica, o símbolo da Figura 10 provoca o giro do motor que está conectado na porta A, no sentido horário, com o detalhe importantíssimo de que o citado motor está situado fora do computador, possui uma existência real, concreta e perfeitamente definida, a qual é externa ao computador.



Figura 11 – Símbolo de Motor

9.1.3 A Dualidade de Objetos

Em robótica, trabalha-se, simplificando-se ao extremo, com uma máquina e um programa, sendo a união de ambos, o robô, propriamente dito. A máquina normalmente constitui-se de motores, engrenagens e sensores. O programa é elaborado em um computador e, depois, transferido para a máquina.

Normalmente montagem e programa são executados mais ou menos alternadamente, ou seja, constrói-se uma parte do robô, cria-se um programa, testa-se, efetuam-se ajustes. Após constrói-se uma nova parte do robô, novo acréscimo ao programa, novos testes e ajustes.

Estamos então na presença mais completa dos *possíveis*, que (Piaget, 1985) conceituara como *o produto de uma construção do sujeito, em interação com as propriedades do objeto*. Como as atividades do sujeito provocam cada vez uma quantidade maior de possíveis, estamos na presença de um ambiente cada vez mais rico.

9.1.4 O Interesse na Robótica

Por que robótica é tão interessante? Qual a razão que leva a esse envolvimento? Por que motivo alunos passam horas nessas atividades? Qual o real motivo que os leva até este interesse? Uma parte da resposta foi apresentada acima. No entanto, existe outro fator, de cunho notadamente mais técnico e, diríamos mesmo, graficamente conceitual, que passamos a abordar a seguir.

O que existe de diferente nas atividades de robótica, é que a maioria dos conceitos propostos por Piaget revelam-se duplicados. Isto pode ser configurado através de uma apropriação do método gráfico utilizado por Piaget (Figura 9) para apresentar sua teoria das razões funcionais da tomada de consciência (como sendo um movimento da periferia entre objeto e sujeito, direcionado para o centro de ambos os pólos).

Durante este processo, o que se tem, então, são dois objetos (máquina e programa) sobre os quais é focalizada a atenção daquele que está criando um robô. Para mantermos a taxionomia de Piaget, nós os chamaremos de O_1 e O_2 . Obviamente, existe apenas um sujeito S .

Pode-se depreender que teremos agora, não um único ponto de periferia, como observado por Piaget, mas dois, quais sejam, P_1 e P_2 , que resultam da reação exterior entre o sujeito S e os objetos O_1 e O_2 .

Note-se, então, que, agora, possuímos quatro ações de interiorização, sendo duas ($\overrightarrow{P_1C}$ e $\overrightarrow{P_2C}$) na direção do sujeito, portanto promovedoras da tomada de consciência da ação e outras duas ($\overrightarrow{P_1C'_1}$ e $\overrightarrow{P_2C'_2}$), na direção do objeto, portanto promovedoras do conhecimento do objeto.

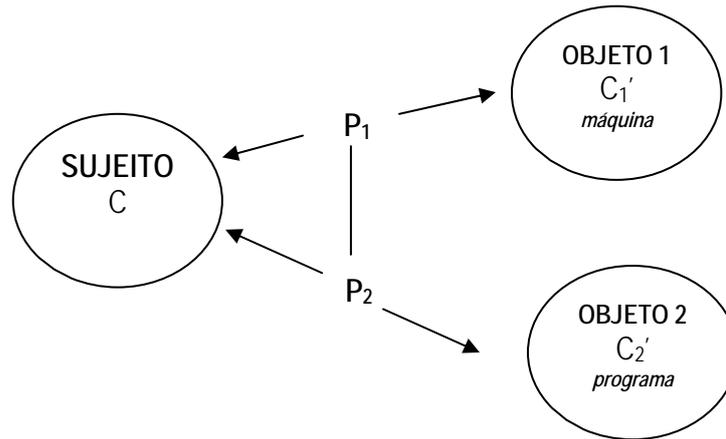


Figura 12 – Diagrama Ampliado Para a Dualidade de Objetos

Esses dois pontos P_1 e P_2 , geram o que propomos denominar como *linha de periferia*, delimitada agora pelo segmento P_1P_2 , que, por sua vez, em relação à região dos mecanismos centrais da ação C , do sujeito, delimita uma região $P_1\hat{C}P_2$, que propomos chamar, adaptando a terminologia piagetiana, de *área da construção das estruturas lógico-matemáticas*, assim como, na região delimitada por $P_1C'_1C'_2P_2$, individualizamos a *área de elaboração das explicações físicas*.

9.2 ASSIMETRIAS SOLIDÁRIAS

Da constante relação entre o conhecimento do objeto e a tomada de consciência da ação surge a observação de que ambos são acompanhados por dois tipos de assimetrias, as quais, por sua vez, se relacionam de maneira solidária.

Nos níveis de intervenção dos processos de interiorização e exteriorização existem, como relatado por (Piaget, 1977), muito mais reciprocidades do que semelhanças, ou simetrias. Na robótica, isto é potencializado, uma vez que tratamos de movimentos co-relativos, não univocamente, mas,

neste caso, dois a dois. Ou seja, existe uma co-relação nas ações que pertencem tanto à manipulação da máquina, quanto à confecção do programa.

Assim é que, a partir dos acontecimentos singulares, resultantes de abstrações provenientes dos objetos, portanto, empíricas, possuem estes acontecimentos, intrinsecamente vinculada, uma coordenação inferencial, uma vez considerado o contexto em que se inserem, ou seja, a lógica do sujeito.

O outro pólo da ação se revela em sua forma refletidora, uma vez que pertinente às inferências que emanaram da própria coordenação. Isto, na robótica, também se multiplica por dois, uma vez que a forma inconsciente, proveniente da fonte das coordenações inferenciais, proporciona um campo tão mais aberto quanto forem os afastamentos necessários entre montagem e programação.

A justificativa desta afirmação é clara, uma vez que estamos tratando, como mostrado anteriormente, com uma dupla via de encaminhamentos das ações do sujeito em relação aos objetos máquina e programa.

Observe-se, sempre, que ambos dizem respeito a um único fim, ou seja, o robô, união da máquina e do programa, autônomo, funcional e operante.

9.2.1 A Ação Como Saber Autônomo

Não sendo um conhecimento consciente, o saber autônomo é a fonte da tomada de consciência (Piaget, 1977), uma vez que, procedendo da periferia para o centro, representa uma série de transformações do próprio centro. A razão deste acontecimento é devida às construções e coordenações que se dão sempre da periferia para o centro e, numa segunda instância, essa ordem se qualifica como num nível superior, cognominado por Piaget como o *nível superior das conceituações*.

Isto se explica, uma vez mais, no sentido de que comprovadamente traduz-se em conduta a própria tomada de consciência, revelando-se como uma construção implementada através dos sucessivos movimentos de cognição que permitirão a tomada de consciência da ação.

Nas ações simbólicas de natureza causal, como na ciência da computação em geral, e na robótica, em particular, essa tomada de consciência encontra-se, infalivelmente, duplicada, pela sua própria natureza semiótica, de representações do que está ao redor. Assim é que o aluno, ao programar a velocidade de um motor, está, concomitantemente, lidando com a idéia do motor real, concreto, físico e, não obstante, tratam-se, ambos, de um mesmo objeto, aqui dualizado em sua forma de programa e de máquina.

9.2.2 Esboço de uma Proposta de Dimensionamento

O relacionamento do sujeito cognoscente com o objeto a conhecer pode se dar de diferentes maneiras, no que concerne ao tipo de objeto a ser conhecido. Nosso campo de estudo, focado na robótica, especificamente na robótica pedagógica, nos levou a propor uma formulação de dimensionamento do grau de interesse que se verifica por parte do sujeito em relação ao objeto.

Conforme demonstrado anteriormente, devidamente precedido pelo imprescindível aporte teórico piagetiano das estruturas da tomada de consciência, a esquematização sujeito/objeto, em robótica, possui a peculiaridade de possuir dois objetos: máquina e programa.

Também conforme detalhado acima (Figura 11), a construção das estruturas lógico-matemáticas (ε) fica identificada pela área formada pelas funções das duas tomadas de consciência da ação (da periferia do conhecimento do objeto máquina e da periferia do conhecimento do objeto programa).

Matematicamente, quando se deseja obter a área de uma função, a integral é uma das opções. Assim sendo, considerando como $f(x)$ a função da tomada de consciência operando a partir dos pontos P_1 e P_2 , teríamos:

$$\varepsilon = \int_{P_2}^{P_1} f(\text{tomada de consciência da ação})dx$$

Com o que queremos apresentar que existe uma relação entre a dimensão que terá a tomada de consciência e a co-relação entre os objetos dessa tomada de consciência, de maneira que os pontos periféricos P_1 e P_2 daí decorrentes irão parametrizar essa dimensão. Ou seja, quanto mais afastados estiverem, ou, por outra, quanto mais diferentes entre si forem O_1 e O_2 , maior será a tomada de consciência.

Por exemplo, a programação de um robô concreto, físico, proporciona um distanciamento maior de objetos quanto o da programação, em Logo, de uma tartaruga na tela do computador.

9.3 UMA PALAVRA FINAL

Com o que expusemos acima procuramos mostrar, não um novo enfoque, mas uma ampliação da proposta piagetiana de entendimento das relações existentes entre a construção das estruturas lógico-matemáticas e a concomitante (mas assimétrica) elaboração das explicações físicas.

Como na robótica o objeto robô possui duas instâncias (máquina e programa) diferentes na conceituação mas integradas na sua finalidade última, propusemos uma ampliação do ponto de vista de Piaget, apresentando então nossa visão diagramática das funções duplicadas que surgem desta interessante atividade. Como contribuição, propusemos uma formulação matemática para o dimensionamento do grau de interesse do sujeito pela robótica.

Com o exposto, esperamos lançar uma pequena explicação sobre o inegável interesse que se verifica no envolvimento de alunos com a robótica e que faz dela uma atividade tão motivadora, especial e instigante.

10. TRABALHOS FUTUROS

Não obstante nossa afirmação de que, quanto maior o afastamento dos vetores originados pelos dois objetos, maior será a tomada de consciência (ver Figura 11), sugerimos para trabalhos futuros a possibilidade, ou não, de equacionar-se os limites desse distanciamento.

Em que situações práticas isto ocorre, a maneira como se dá a interação sujeito-objetos e, até mesmo, quais interveniências nesta nova formulação terão os fatores periféricos, são questionamentos que se apresentam como um interessante campo para futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS

- BENAKOUCHE, Tamara. **Tecnologia é Sociedade**: contra a noção de impacto tecnológico. (Tese de pós-doutoramento). Disponível em: http://www.faced.ufba.br/~menandro/textos/texto_tamara.pdf. Acesso em: 29.08.2007.
- BLIKSTEIN, Paulo. **The GoGo Board**: moving towards highly available computational tools in learning environments. Disponível em: <http://www.blikstein.com/paulo/documents/papers/SipitakiatBlikstein-GoGoBoard-ICL2002.pdf>. Acesso em: 26.10.2007.
- BOGDAN, Robert e Sari Biklen. **Investigação Qualitativa em Educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto, Portugal: Porto Editora, 1994.
- CAPEK, Karel. **R.U.R.** (Rossum's Universal Robots). USA: Penguin, 2004.
- CAVALLO, David. **O Design Emergente em Ambientes de Aprendizagem**: descobrindo e construindo a partir do conhecimento indígena. Disponível em: <http://www.blikstein.com/smespl/>. Acesso em: em 26.10.2007.
- CBC News. **Technology & Science**: your view: how would you define a robot? Disponível em: [www.your view: how would you define a robot?](http://www.yourview.com/technology-science/your-view-how-would-you-define-a-robot/). Acesso em:17.10.2007.
- COLL SALVADOR, César et al. **Psicologia da Educação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.
- COLLARES, Darli. **Epistemologia Genética e Pesquisa Docente**: estudo das ações no contexto escolar. Lisboa, Portugal: Instituto Piaget, 2003.
- COSTA, Antonio Carlos da Rocha. **Inteligência de Máquina**: esboço de uma abordagem construtivista. Tese (Doutorado). Disponível em: <http://rocha.ucpel.tche.br/computacao-interativa/tese-rocha-costa-1993.pdf>. Acesso em: 30.07.2007.
- CRINGELY, Robert X. **Impérios Acidentais**. Rio de Janeiro: Ediouro, 1995.
- DELVAL, Juan. **Introdução à Prática do Método Clínico**: descobrindo o pensamento das crianças. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- DEWEY, John. **Democracia y Educación**: una introducion a la filosofía de la educación. Madrid: Morata, 1995.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Aurélio século XXI**: o dicionário da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.
- FREIBERGER, Paul; SWAINE, Michael. **Fire in the Valley**: the making of the personal computer. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1984.
- FREINET, Célestin. **A Educação Pelo Trabalho**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.
- FREUD, Sigmund. **Novas Conferências Introdutórias Sobre Psicanálise**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.
- HEIDEGGER, M. **La Question de la Technique**: essais et conférences. Paris: Gallimard. 1958.
- HOMERO. **A Ilíada**, (Tradução Octávio Mendes Cajado). São Paulo: Circulo do Livro, 1986.
- INHELDER, Barber; PIAGET, Jean. **Da Lógica da Criança à Logica do Adolescente**. São Paulo: Pioneira, 1976.
- ISO 8373. **Manipulating Industrial Robots**: vocabulary. Disponível em: http://www.iso.org/iso/isocatalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=15532. Acesso em: 17.10.2007.

- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 1991.
- LEVY, Pierre. O Inexistente Impacto da Tecnologia. **Folha de São Paulo**, São Paulo, ago. 1997. Caderno Mais, p. 3.
- LIEN, David A. **The Basic Handbook**: encyclopedia of the basic computer language. 3. ed. CompuSoft Publishing, 1986. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/BASIC>. Acesso em: 30.07.2007.
- LÜDKE, Menga ; ANDRÉ, Marli E.D.A. **Pesquisa em Educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.
- MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O Desafio do Conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. São Paulo: Hucitec-Abrasco, 1998
- MINSKY, Marvin. **The Society of Mind**. New York: Simon & Shuster, 1988.
- MONTESSORI, Maria. **Mente Absorvente**. Rio de Janeiro: Nórdica, 1987.
- _____. **Pedagogia Científica**. Rio de Janeiro: Flamboyant, 1965.
- NEILL, Alexander Sutherland. **Liberdade Sem Medo**: summerhill. São Paulo: Ibrasa, 1975.
- PAPERT, Seymour. **A Família em Rede**. Lisboa, Portugal: Relógio d'água, 1997.
- _____. **Logo**: computadores e educação. São Paulo: Brasiliense, 1985.
- _____. **A Máquina das Crianças**: repensando a escola na era da informática. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- _____. **Study of Educational Impact of the LEGO Dacta Materials – INFOESCUELA**. Disponível em: <http://www.lego.com/education/download/infoescuela.pdf>. Acesso em: 30.07.2007.
- PAZOZ, Fernando. **Automação de Sistemas e Robótica**. Rio de Janeiro: Axcel, 2002.
- PIAGET, Jean. **Abstração Reflexionante**: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.
- _____. **Aprendizagem e Conhecimento**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1974.
- _____. **Biologia e Conhecimento**. Petrópolis: Vozes, 1996.
- _____. **The Child's Conception of Physical Causality**. Totowa, New Jersey: Littlefield, Adams & Co., 1966.
- _____. **O Desenvolvimento das Quantidades Físicas na Criança**. Rio de Janeiro: Zahar, 1971.
- _____. **Fazer e Compreender**. São Paulo: Melhoramentos, 1978.
- _____. **A Equilíbrio das Estruturas Cognitivas**: problema central do desenvolvimento. Rio de Janeiro: Azhar Editores, 1976-a.
- _____. **O Juízo Moral na Criança**. São Paulo: Summus, 1994.
- _____. **A Linguagem e o Pensamento da Criança**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- _____. **A Representação do Mundo na Criança**. Aparecida, SP: Idéias & Letras, 2005.
- _____. **O Nascimento da Inteligência na Criança**. Rio de Janeiro: Zahar, 1970.
- _____. **O Possível e o Necessário**: evolução dos possíveis na criança. Porto Alegre: Artes Médicas, 1985.
- _____. **Psicologia e Pedagogia**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2003.

PIAGET, Jean. **A Tomada de Consciência**. São Paulo: Melhoramentos, Ed. Universidade de São Paulo, 1977.

RIA. **Robotics Institute of América**. Disponível em: <http://www.roboticsonline.com/public/articles/index.cfm?cat=103>. Acesso em: 17.10.2007.

RICH, Elaine. **Inteligência Artificial**. São Paulo: Makron Books, 1983.

SAUSSURE, Ferdinand. **Curso de Lingüística Geral**. São Paulo: Cultrix, 1998.

TURKLE, Sherry. **O Segundo Eu: os computadores e o espírito humano**. Lisboa: Presença, 1989.

VALENTE, José Armando. Diferentes Usos do Computador na Educação. In: _____. **Computadores e Conhecimento: repensando a educação**. Cap. 1. Disponível em: http://www.nied.uni_camp.br/publicacoes/pub.php?classe=separata&cod_publicacao=10. Acesso em: em 10.10.2007-a.

VYGOTSKY, Levi Seminovich. **Aprendizagem e Desenvolvimento Intelectual na Idade Escolar, em Psicologia e Pedagogia**: bases psicológicas da aprendizagem e do desenvolvimento Luria, Leontiev, Vygotsky e outros. Lisboa, Portugal, Editorial Estampa, 1991.

_____. **A Formação Social da Mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

_____. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VYGOTSKY, Levi Seminovich et al. **Psicologia e Pedagogia**. Lisboa, Portugal: Estampa, 1977.

WEBSTER, Merriam. **Definition of Robotics**. Disponível em : <http://mw1.merriam-webster.com/dictionary/Robotics>. Acesso em: 17.10.2007.

ZUNT, Dominik. **Who did Actually Invent the Word "Robot" and What does it Mean?** Disponível em: <http://capek.misto.cz/english/robot.html>. Acesso em: em 17.10.2007.

ANEXOS

ANEXO 1 – 1º Experimento – Entrevistas

Rodrigo, 9 anos, 4ª série

O que é um robô?

Um robô... é uma máquina. Um robô ... é uma coisa que não tem... ela não é controlada por ela mesma. Ela não tem alma. Ela... alguém tem que controlar ela.

Hummm... e de onde que vêm os robôs?

Ah.. da robótica... da física, da matemática.

Eu sei, mas, da onde é que vem. Por exemplo: tem um robô lá, da onde que ele veio, da onde que surgiu?

Ah alguém criou ele.

Alguém, como? Quem?

Quem?

Um outro robô ou uma outra pessoa?

Outra pessoa.

E pra que serve um robô?

Pra ajudar as pessoas.

O que um robô consegue fazer?

[olha pra câmera] Essa tua máquina aí que eu não gosto: ela é um robô.

Ela é um robô. Então, um robô consegue filmar?

É ... Consegue... Consegue... Tipo uma calculadora: ela é um robô, consegue...um carrinho de controle remoto é um robô.

E robô tem vontade?

Própria, não. Não tem vontade.

E robô, pensa?

Não.

Por quê?

Por que... alguém tem que controlar ele. Tu tens que controlar a tua máquina, se não ela poderia sair andando lá pela janela, se ela quisesse.

Robô tem vida?

Vida?... Vida de fazer o que ela quer, não. Mas, se tem um robô, eu tou dando vida a ela, mas não de ele fazer o que quiser. Pra ele fazer o que eu quiser que ele faça.

E como é que a gente pode mandar um robô fazer o que a gente quer?

Um carrinho de controle remoto, pelo controle remoto. Um videogame é um robô: ele... a gente controla ele pelo controle. O computador tu controla ele pelo teclado e pelo mouse.

Agora, Rodrigo, imagina um homem-robô: como é que seria?

Homem-robô! Homem, assim que ele tenha vontade própria?

É. Um homem-robô: como é que seria?

[ainda em dúvida de qual é a pergunta] Um homem que ele pudesse fazer o que ele quisesse assim, só que em forma de robô? Um robô ele sabe fazer várias coisas, não é? Ele sabe fazer coisas que o ser humano não sabe. E o ser humano pode fazer coisas que o robô não sabe. É.. pode.

Tu imaginastes um robô-homem, como é que seria. E como é que seria um robô-homem?

Robô-homem seria mais robô do que homem.... eu acho.

Um robô consegue aprender?

Hummm... não. Acho que ele já nasce sabendo. Ou então assim: vamos supor que eu crio um carrinho de controle remoto. Aí, depois eu posso acrescentar algumas coisas pra ele fazer coisas novas.

Como é que a gente ensina um robô a andar?

A andar? Eu acho que ele deve ter um chip. Que nem carrinho de controle remoto: ele tem um chip que vai girando as rodas. Um robô pode ter um chip que faz as pernas se locomoverem.

Um robô tem jeito de andar se não existir uma pessoa pra comandar ele?

Acho que... acho que não [sem muita convicção]

[a cada resposta me olha para confirmar a aceitação da resposta ou a minha reação perante sua idéia]

Bernardo, 9 anos, 4ª série

O que é um robô?

É um boneco. Eu acho que é um boneco, movido à eletricidade.

E da onde que vêm os robôs?

Das latas. Eles pegam latas e vão criando, vão colocando...

Eles, quem?

Os caras que criam os robôs

Pra que serve um robô?

Ué, tem vários tipos. Tipo na copa do mundo: o Jornal Nacional mostrou na copa do mundo uns robôzinhos que tinham uns olhinhos, assim [faz o gesto de pequenos olhos junto ao rosto] que com a luzinha via se alguém pisar no campo eles detectam e a polícia vem [faz gesto com a mão direita de movimento acelerado]

Robô tem vontade?

Vontade? Vontade.... Vontade, acho que não.

Porque tu achas que não?

Porque eles não são ser humano, eles não têm vida.

Ah, então robô não tem vida.

Robô pensa?

Pensa... acho.

Como?

Não .. acho que ele não pensa, acho que ele recebe os comandos, ele recebe os comandos.

[percebo que ele está em dúvida, então insisto na pergunta para dar uma chance a mais pra ele se explicar melhor]..

Recebe os comandos. E aí: ele pensa ou não pensa?

Acho que é que nem o computador: ele tem que pensar pra realizar os problemas [complementa corrigindo] os programas.

E computador pensa, então? Como é que computador pensa? Tipo... dá um exemplo.

Tu vai lá e digita, na página do Google, aí ele tem que pensar onde é que tá a página do Google e abrir a página do Google.

E como é que a gente consegue mandar um robô fazer o que a gente quer? Esse robô da copa do mundo: como é que a gente consegue mandar ele controlar o campo lá.

Eu acho que quem criou o robô, eu não sei quem criou... quem criou, eu acho que tem um controle remoto, aí pega, dá os comandos no controle remoto, ou no computador, liga ali, aí vai lá e digita, coloca a função do robô e o robô faz tudo certinho.

Agora duas perguntas, que é para tu imaginares uma coisa: imagina um homem-robô: como é que seria um homem-robô?

Ele seria carne, pele, sangue, com todos os [bate no abdome] as coisas assim [bate nos braços], toda a estrutura do corpo humano. Só que por dentro ele seria ligado a fios. Tipo Robocop.

E um robô-homem, como é que seria?

Seria robô por fora, com lataria, tudo, de aço assim, só que por dentro ele teria coração, teria, teria fígado, teria essas coisas aí.

Agora vamos continuar as outras perguntas: Um robô consegue aprender?

Eu acho que consegue.

Como?

Eu acho que... na verdade eu acho que ele já vem, ... ele já vem pronto pra saber.

Como assim? Me explica melhor.

Os caras digitam a função dele. Os caras mandam o robô...

Os caras, quem?

Os caras que criaram ele digitam a função dele, colocam a função dele nele, e aí ele, quando ele cria movimento, quando ele sabe andar, sabe fazer tudo certinho, ele já vem aprendendo. Ele já sabe fazer.

Tu falaste em andar. Como é que a gente ensina um robô a andar?

Ué, os ligamentos... dos fios. Aí ele vai: tá, tá [imita alguns passos com as próprias pernas] Também o robô do campo de futebol que eu te falei, ele é tipo, ... ele não anda com pernas, assim ele

Sim, eu vi aquele. São esteiras.

É, tipo tanque de guerra.

Isto. Como é que um robô anda sozinho?

Como é que um robô anda sozinho? [olha pra mim como se pedindo maiores explicações sobre a pergunta]

Tipo aquele da TV, não tinha ninguém empurrando ele. Aquele que tu viu no jornal nacional, não foi?

Como é que um robô anda sozinho. Como é que tu achas que um robô anda sozinho?

Por causa que tem os fios ali dentro e os fios é que dão força. Ou os fios têm uma antena, ali dentro, um negócio, que os caras recebem por computador e ficam mexendo com ele ou mandando as função.

Geraldo Ávila, 9 anos, 4ª série

O que é um robô?

Robô...? É uma máquina. [silêncio] Bah... é que eu não sei muito bem tecnologia, mas sei que é uma máquina.

Tudo bem, eu só quero saber o que tu achas. É claro que não vais saber todas as coisas, mas só quero saber o que tu achas. Da onde que vêm os robôs?

Da tecnologia.

Tá. Dá um exemplo de um robô aí, e da onde que ele veio? Caiu do céu, saiu de dentro d'água, ou alguém assoprou e criou o robô...

Eu não sei muito bem... responder....

Tu já viste algum robô na tua vida?

Não.

Nunca viste um robô?

Não.

Bom, o que um robô consegue fazer? Tu tens idéia, mais ou menos, por exemplo...?

Muitas coisas.

Por exemplo?

[Olha pra câmera, torce as mãos, visivelmente perturbado e desconfortável]

Bahhh... [suspira, olha pra baixo]

Um robô tem vontade?

Não.

Um robô pensa?

Não.

[como vejo que suas respostas negativas podem ser apenas para passar adiante e encerrar logo a entrevista, pergunto:]

E porque um robô não pensa?

[enfia as mãos nos punhos da blusa, suspira fundo novamente, olha para o teto, torce a boca, repete a pergunta:]

Porque que o robô não pensa...

[olha pra baixo. Agora parece que achou uma resposta:]

Porque o robô, ele é feito... ele não é um... ele é construído... ele não tem... personalidade.

O que seria uma coisa com personalidade?

Uma pessoa.

Ãhh... e um robô não tem personalidade?

Não.

Um robô então não é a mesma coisa que uma pessoa?

Não.

As pessoas vêm da cegonha, não é isso?

[ele esboça um sorriso e diz "não"]

Não. Vêm do papai e da mamãe. E os robôs, vêm da onde?

[pensa]

Do papai robô e da mamãe robô?

Não.

Da onde é que eles vêm?

[olha pro teto, torce as mãos]

Ele é construído pelas pessoas, que sabem fazê-los.

Unhhh , então ta... São construídos por pessoas. Robô tem vida?

Não...

Porque tu achas que não tem vida?

Porque ele é construído, e não é criado nem da mãe nem do pai.

Como é que a gente pode mandar um robô fazer o que a gente quer?

Se tu tiver o controle dele tu pode mandar ele fazer qualquer coisa.

Como é que seria esse "controle dele"? Seria tipo o que, assim?

Como um videogame. Tem os controles pra ti jogar.

Agora imagina um homem-robô. Como é que seria um homem-robô?

Como assim, um homem-robô?

Não sei: um homem-robô: como seria?

Metade robô? Ou só robô?

Um homem-robô: imagina. Se tu fosses inventar um homem robô, como é que seria?

Ele seria metade robô e metade homem

Metade como? Metade de cima e metade de baixo, ou metade de fora e metade de dentro?

Faz um gesto dividindo o corpo: "daqui pra baixo"

E um robô-homem, como é que ia ser?

Uma pessoa feita com detalhes de robô.

Um robô consegue aprender?

Não, ele só é mandado.

Só é mandado...?

Ele sabe a maioria. Um robô bom ele sabe tudo. E tem outros robôs que não sabem muito.

Como é que se ensina um robô a andar?

Fazendo as peças... eu não sei responder

Amélia, 9 anos, 4ª série

O que é um robô?

Ah... eu não sei... [dá uma risada... encolhe os ombros]

Não sabe? Tu nunca viste um robô

[encolhe os ombros e sacode a cabeça]

Viu sim.. aparece na televisão

Ahh mas é que eu não sei explicar...

Tudo bem, mas o que tu viste, o que é um robô, quais foram os robôs que tu já viste?

Muitos.

Por exemplo, um que tu viste?

[Encolhe os ombros]

Não lembra agora?

[balança negativamente a cabeça]

Tudo bem. Esses robôs que tu viste: da onde que vêm os robôs?

Dos desenhos [ri]

Dos desenhos? Eu vou te dar um exemplo: as crianças vêm da cegonha, não é isso [a piada não foi bem entendida] ou sei lá de onde que vem as crianças,. Mas e os robôs, também é igual que nem pessoa? De onde que vem os robôs?

Robô?...

Vem de outro robô, é isso?

[Balança positivamente a cabeça]

Um robô tipo um carrinho, uma máquina, vem de outro robô: é isso que tu ta dizendo?

Não, assim: se inventa robô.

Se inventa robô! Tá. O que eu preciso saber é: quem é que inventa robô?

As pessoas.

E pra que servem os robôs?

[ri, encolhe os ombros, não responde]

Se tu fosses inventar um robô seria pra que?

Pra várias coisas.

Por exemplo?

[ri, olha pro teto, as mãos continuam nos bolsos da blusa]

Robô pra brincar comigo.

Ahhhh, seria tipo o que, esse robô pra brincar contigo? De que jeito que ele seria?

Do jeito que ele seria eu não sei explicar [tira pela primeira vez as mãos dos bolsos]

Mas de que jeito que ele seria?

Ele... eu faria um robô que ganhasse nas corridas [dá uma risada]

É?! Tu gostas de corrida?

Gosto.

Então tá. Um robô tem vontade?

[acena positivamente a cabeça]

Como? Dá um exemplo.

[silêncio]

Eu vou dar um exemplo contigo: tu tem vontade de comer um sorvete, tu tem vontade de ir no cinema, tu não tem vontade de jogar futebol. Um robô, tem vontade?

[acena afirmativamente com a cabeça]

Tem? Por exemplo?

Jogar futebol [risada]

Um robô, pensa?

[acena afirmativamente com a cabeça]

Como é que ele pensa?

Na memória [faz círculos com a mão na altura das orelhas][risada]

Me dá um exemplo do que seria um pensamento de robô.

Ele inventasse muitas coisas....

Outra pergunta prá te fazer: robô tem vida?

Não, as pessoas criam ele.

Não ouvi: "as pessoas que?"

Que inventam ele...

E depois que as pessoas inventam ele, ele tem vida?

Tem.

Como? Como é que tu achas que ele tem vida? O que seria um robô que tem vida?

[silêncio] Ele pensasse bem, ele caminhasse...

Como é que a gente pode mandar um robô fazer o que a gente quer? Como é que a gente pode mandar um robô?

Falar... falando.

Falando?

[acena positivamente]

Como é que seria um homem-robô? Imagina um homem-robô: como é que seria?

[encolhe os ombros, torce a boca, gesticula que não tem idéia]

Não sabe?

Não [Sorri]

E um robô-homem, como seria?

Também não sei

Um robô, consegue aprender alguma coisa?

[Faz que sim com a cabeça]

Por exemplo?

Aprendesse a escrever.

Como é que seria pra ele aprender a escrever?

Se ele tivesse memória ele escrevia.

[Como a menina se mostra progressivamente constrangida e o desconforto cresce a medida que as questões se avolumam, resolvo não aprofundar mais as questões]

Como é que a gente ensina um robô a andar?

A gente cria ele bem direitinho, aí ele anda.

E porque ele anda sozinho?

Porque ele ta com toda... tudo.. dele

[Não tenho certeza de que estejamos falando da mesma coisa. Para ter uma idéia do que ela imagina quando está respondendo tento:] Então, me dá um exemplo de robô que tu já tenhas visto assim, na televisão, ou algo assim, vamos pensar um pouquinho... esses robôs que tu estás pensando...

Eu já vi robô...

Por exemplo... na TV? O que foi que tu viste?

Eu vi, ele servia uns sucos [Ri]

Tereza, 8 anos, 4ª série

O que é um robô?

[Não responde, balança os pés, sorri, olha pra baixo, depois para o lado.]

Para ti, o que tu achas que é? Se tu fosses explicar para outra pessoa o que é um robô, o que tu dirias que é um robô?

[Mesma conduta.]

Tu já viste um robô?

[Balança negativamente a cabeça.]

Na televisão, num filme...

[Continua balançando a cabeça.]

Tu nunca viste um robô?

[Mesmo movimento da cabeça.]

Mas tu imaginas o que seja um robô?

[Agora balança afirmativamente a cabeça.]

Então vamos imaginar nós os dois juntos, o que seria um robô...

[Faz: hummm , vizivelmente desconfortável. Por alguns momentos imagino que vai desistir da entrevista.]

Tu não queres falar?

É... um boneco de metal.

Tá, um boneco de metal. Tá bom. Legal. Agora outra pergunta, posso passar pra outra?

[Sim com a cabeça]

De onde vêm os robôs?

Da fábrica

[Como vejo que ela está muito atenta pra tela da câmera, inclino mais a tela, de maneira que ela não veja a própria imagem e mudamos um pouco a posição da cadeira]

E pra que serve um robô?

Pra ajudar as pessoas, fazer as coisas...

Um robô tem vontade?

Não.

Por quê?

Ele é programado pra fazer aquelas coisas.

E robô pensa?

Não.

Porque?

[Não responde.]

Robô tem vida?

Não.

Porque?

[Não responde]

Quer que eu passe pra outra pergunta?

[Acena afirmativamente]

Como é que a gente pode mandar um robô fazer o que a gente quer?

[Fica sem responder. Olha para os lados. Olha para a câmera.]

Os robôs que tu conhecesses fazem o quê?

Eu vi um robô cachorro na TV.

Como é que a gente pode fazer esse robô fazer o que a gente quer: tipo "deita agora, deita agora", como é que a gente manda e ele obedece?

[Não responde.]

É igual aos outros cachorros?

Não.

O que é que tem de diferente nesse? Porque os outros cachorros a gente diz "deita" e eles obedecem.

E esse robô a gente manda e ele obedece?

Não.

E o que faz esse robô que tu viste?

Eu vi um que a gente dizia vai pegar um osso e ele ia.

Como é que a gente diz vai pegar um osso e ele vai? Como é que funciona? É igual aos outros cachorros?

Não.

O que ele tem de diferente dos outros cachorros?

O material que ele é feito.

Tá bom. E como é que ele obedece á ordem?

[Não responde.]

Não sei...

Um robô consegue aprender alguma coisa?

Não.

Mas como é que esse vai buscar o osso? Ele aprendeu.

É porque tu cria ele com aquela função.

Ahhhh... E como é que a gente faz pra criar ele com essa função?

[Não responde]

A pessoa tem que saber o quê? Tem que ser... médico?

[não, com a cabeça]

Agricultor?

[idem]

Engenheiro?

[idem]

Técnico em computador?

É.

É? Porque? O que é que tem a ver computador com robô?

[Decididamente a menina não aparenta nenhum interesse em responder, vira-se de costas, tira o gorro ...encerramos a entrevista]

Ciça, 7 anos, 2ª série

O que é um robô?

Um robô? É um boneco de lata.

As crianças vêm do papai e da mamãe, o cachorrinho vem da mamãe cachora e do papai cachorro. De onde que vem os robôs?

[Não responde.]

Ele vem de algum lugar? Como é que aparecem os robôs?

Ele foi feito numa fábrica.

Ah tá... foi feito por quem?

[Não responde.]

Por outros robôs?

Não.

Por quem?

Pelos fabricantes.

Pessoas fabricantes?

Sím.

Pra que é que serve um robô?

Para... para uma criança se divertir.

Por exemplo?

[Não responde.]

Dá um exemplo de robô que tu já tenhas visto...

[Não responde.]

Na TV... num filme...

Não.

Nunca viu? Mas tu conheces robô?

Sím.

Um robô tem vontade?

[Não responde.]

Por exemplo: tu tens vontade de comer um sorvete, tens vontade de jogar futebol, não tens vontade de ver televisão...um robô tem vontade?

Não.

Porque?

Ele não tem vontade por que ... ele não tem cérebro.

Ahhh

Pra pensar o que ele quer.

Ahhh, então aí eu vou te perguntar: um robô pensa?

Não.

Porque não tem cérebro, é isso?

É.

E robô tem vida?

Vida?... Não.

Por quê?

Porque ele não é igual à gente que ... que morre. Ele só enferruja.

Como é que a gente pode mandar um robô fazer o que a gente quer?

[Não responde.]

Esses robôs da fábrica, que servem pra fazer o que, por exemplo? Dá um exemplo, aí, de robô. Faz o quê?

Ele...

Tu viste na TV, que apareceu um robô que tinha uma câmera, que vai cuidar o campo de futebol?

Não.

Será que um robô consegue aprender alguma coisa?

Ele não consegue aprender.

Não consegue?

Não.

E a gente não consegue ensinar pra ele alguma coisa?

Não.

Um robô anda sozinho?

Não.

Como é que um robô anda?

Eu acho que ele tem uma corda que faz ele andar.

Corda? Como? Por exemplo?

Dar corda nele, como os outros brinquedos. [Faz gesto com a mão de dar corda.]

Vitor, 7 anos, 2ª série

O que é um robô?

Ãhn.. ele é um troço assim, de ferro, né, que ele pode caminhar, e no meu livro de ciências, né, tem até um que foi feito de, de caixas vazias de leite,

Foi feito de caixa, de...:?

De leite. Até de shampoo as orelhas foi feita e a boca.

Legal.

E tem um cachorro que também foi feito assim, né.

De robô?

É.

E da onde que vêm os robôs?

Ah isso eu não sei.

As crianças vêm do papai e da mamãe, o cachorrinho vem do cachorrinho e da cachorrinha, da onde que vêm os robôs? Do papai robô e da mamãe robô?

Tem gente que também pode criar, às vezes.

Ahhh... E como é que cria?

Ah eles usam umas peças, assim. Tem um que eu vi num desenho, que ele podia andar e limpava tudo.

E era só com uma roda. Foi criado, por uma pessoa.

O que é que um robô consegue fazer?

Ele consegue limpar a casa, ele limpa a louça... é...um dia eu vi ele também cortando lenha.

Robô tem vontade?

De quê?

Por exemplo: criança tem vontade de comer um sorvete, tem vontade de jogar futebol, não tem vontade de subir numa escada alta...e robô tem vontade?

Não.

Porque?

Ah, porque ele pode cair e se quebrar todo. [entendeu que a vontade era de subir a escada]

E robô, pensa?

[decididamente:] *Não. Isso não.*

Porquê?

Porque ele não se dá de conta das coisas. O meu pai sempre diz.

Que o robô não se dá de conta?

É.

O que é que o teu pai sempre diz?

É... que as vezes ele nunca se dá de conta.

Ele quem?

O robô.

Porque?

Porque ele não tem cérebro... que nem a gente, né.

E robô tem vida?

Não... [reformulando:]... só.. só...não pode viver tantas vezes,né... porque ele pode se destruir, né.

Como é que a gente pode mandar um robô fazer o que a gente quer? Eu quero que ele corte lenha: como é que eu mando ele cortar lenha?

[estala os dedos no ar, como tendo uma idéia:] *Precisa dum controle!*

Como é esse controle? Parecido com quê?

Ah feito de carrinho assim, parecido, mas é um troço que tem um desenho assim de pá, assim que tu aperta e faz ele fazer o que tu quer.

Um robô consegue aprender alguma coisa?

Não.

E esse que corta lenha, como é que ele aprendeu?

Com o cara do controle, eu acho.

E ele corta lenha, mas não aprendeu a cortar lenha?

Não, não aprendeu.

Como é que a gente aprende alguma coisa?

Ah... o pai nos ensina e a mãe, a vó, o tio, né. Mas tem coisa que a minha tia, chamada Vanessa, ela me ensinou, né, muitas continhas.que eu fiz e apaguei num papel.

E um robô a gente não consegue ensinar?

Não... [faz uma expressão de "infelizmente, não"] só no controle, né, ele faz o que a gente quer, ele não tem vida e a gente não consegue ensinar ele sem controle.

Abel, 7 anos, 2ª série

O que é um robô?

É uma pessoa que é de ferro.

E da onde que vêm os robôs?

Do ferro velho.

E prá que serve um robô?

Pra trabalhar.

Por exemplo?
 [não responde, olha vagamente para a parede]...
 Trabalhar como?
Fácil... ele faz tudo que a pessoa fala.
 Como é que a gente fala pra um robô fazer uma coisa?
Fala que ele vai fazer.
 É?
Sim. Tu diz pra ele trazer uma coisa e ele traz.
 Um robô tem vontade?
Tem.
 E robô pensa?
Não.
 Por que ele não pensa?
Eu não sei.
 E robô tem vida?
Não.
 Um robô consegue aprender alguma coisa?
Não.
 Por quê?
Porque ele não é ser humano.

Beatriz, 7 anos, 2ª série.

O que é um robô?
Humm...[Não responde... olha vagamente para o chão.]
 Tu já viste um robô, na TV?
Já.
 Que robô era?
 [Não responde.]
 O que ele fazia? Pra que serve um robô?
O que eu vi era um desenho até...
 É fazia o que?
 [Não responde.]
 De onde que vêm os robôs?
Que robôs?
 Os robôs de verdade, de onde que vêm?
Não sei.
 Nascem nas árvores, ou são filhos de um urso ...?
 [Balança negativamente a cabeça]
 Um robô tem vontade?
Acho que não.
 Por quê?
 [Não responde.]
 Um robô pensa?
Não.
 Por que um robô não pensa?
Porque não tem cérebro.
 E robô tem vida?
Acho eu que não.
 Porque não?

Porque acho que não tem.

Um robô consegue aprender?

Acho que sim.

Como? Dá um exemplo.

Falar pra ele...

Por exemplo?

[Não responde.]

Varrer a casa, pode ser? E como é que a gente ensina um robô a varrer a casa?

Não tenho idéia.

Priscila, 9 anos, 2ª série

O que é um robô?

Um robô? Ah não sei direito.

E da onde que vem os robôs?

Não sei.

Pra que serve um robô?

Ah, também não sei.

Um robô tem vontade?

Tem.

Por exemplo...

Por exemplo... ah...ah não sei assim.

Robô tem vida?

Tem.

Como? O que é a vida do robô?

Vida do robô é... humm não sei assim.

Um robô consegue aprender alguma coisa?

Eu acho que sim.

Por exemplo:

Escrever.

Como é que a gente ensina um robô a escrever ou outra coisa?

Ensinar? Ah, não sei, assim, por exemplo, uma pessoa ensinar ele a escrever, ensinar, sei lá...

Tá. Mas uma criança a gente pega da mão, e um robô, como a gente faz?

Acho que a mesma coisa que uma criança.

E como é que um robô aprende as coisas?

Acho que as pessoas, os amigos dele ensinam.

Tu já viste algum robô?

Já vi, num filme. Ele foi feito de lata. Falava com uma voz estranha. E tinha uns amigos que era feito de robô.

E tem outros robôs que tu já viste?

Já.

Como eram?

Era igual.

Mas aí era de outro filme?

Não, era do mesmo.

E tu já viste outro robô?

Não.

ANEXO 2: Protocolo da 1ª Fase do 3º Experimento

<i>Ação do entrevistador</i>	<i>Reação esperada</i>
<p>Apresentação dos componentes</p> <p>Motor: fisicamente e sua representação simbólica, no ambiente de programação</p> <p>Destacar que o motor pode girar num sentido ou noutro (é importante para depois)</p> <p>Controlador: comparação com o cérebro, -Fios, - Portas onde ligar os fios (A, B, C)</p>	
<p>P.: <i>Onde ligaria o motor?</i> (mostrar apontando para o ícone na tela, que possui em sua parte superior a indicação "A")</p>	Responder: "A"
<p>Mostrar os comandos Sinais de trânsito de início e fim do programa: comparação com sinal de trânsito</p>	
<p>P.: <i>perguntar relacionando com o programa (início de programa e fim do programa)</i></p> <p>Primeiro programa: roda motor</p> <p>Juntando os comandos (costurando)</p> <p>Passando o programa para o controlador</p>	
<p>-destacar que o motor roda sem parar. Se quiser parar precisa desligar a central de comandos.</p> <p>-apresentar a necessidade de especificar um tempo para o motor ficar rodando, juntamente com o ícone que define esse comando.</p> <p>P.: <i>depois que anda por 1 segundo, o que o motor tem que fazer?</i></p>	-RESPOSTA ESPERADA: "PARAR", ENTÃO APRESENTAR O COMANDO PARA PARAR.
<p>-ler o programa.</p> <p>-apresentar o sensor de luz e seu funcionamento (na montagem e na programação)</p> <p>-apresentar a idéia de que sensor precisa ser associado a uma porta, a partir da mesma necessidade relativa ao motor</p> <p><i>-importante: pode ter mais de um sensor (importante para depois)</i></p> <p>-passar o programa para o controlador</p> <p>-demonstrar o funcionamento do que foi programado: (sensor vendo branco, motor não gira. Passando algo preto embaixo, motor gira)</p>	
<p>Apontar com o sensor para o branco</p> <p>P.: <i>porque não acionou o motor?</i></p>	-RESPOSTA ESPERADA: "PORQUE AINDA NÃO VIU O PRETO"
<p>apresenta a cancela robotizada, já montada com motor, mas sem sensores</p> <p>-compara com o pedágio, destacando que é sem pessoa para operar, por isso robotizada</p> <p>-mostrar o motor com a correia e seu funcionamento</p> <p>-a cancela será erguida quando o automóvel chegar</p>	Conclusão esperada: "o automóvel tem que ser preto" (SEM TER SIDO PERGUNTADO)
<p>P.: <i>o que falta no programa para a cancela ser robotizada e que só se levante quando chegar um carro?</i></p>	RESPOSTA ESPERADA: O SENSOR DE LUZ
<p>-apaga o programa que já estava (feito para demonstrar os componentes)</p> <p>P.: <i>como fazer um programa para que, quando o carro chegue, levante a cancela?</i></p> <p>(detalhe: montando o mesmo tipo de direcionamento do motor a</p>	

cancela irá fechar, em vez de abrir)	
Pergunta: <i>aqui está a nossa cancela montada. Qual a primeira coisa que devo comandar no nosso programa?</i>	RESPOSTA ESPERADA: COLOCAR O MOTOR GIRANDO
Pergunta: <i>qual destes motores devo colocar?</i>	RESP ESP: MOTOR NA PORTA A
<i>Porque?</i>	PORQUE O ROBÔ JÁ TEM NA PORTA A
<i>Quando é que este motor vai andar?</i>	QUANDO O SENSOR FOR ATIVADO
<i>Em que porta devo programar o sensor?</i>	NA PORTA 1
<i>Em que posição devo colocar o motor, no programa</i>	ANTES DO MOTOR
<i>Já podemos testar o robô?</i>	NÃO, FALTA DIZER POR QUANTO TEMPO O MOTOR VAI FICAR GIRANDO
Observar se a criança se dá conta de que o motor deve girar durante um certo tempo. Caso não se dê conta, aguardar os próximos passos	
Deixar a cancela parcialmente levantada porque quando o programa for rodar na realidade a cancela vai baixar, em vez de subir.	BAIXOU EM VEZ DE SUBIR
<i>Perguntar o que houve?</i>	
<i>O que podemos fazer?</i>	TROCAR O COMANDO DO MOTOR, EM VEZ DE GIRA PARA ESQUERDA, SUBSTITUIR POR GIRA PARA A DIREITA
Observar se a criança se dá conta de que o motor não parou. Caso não se dê conta chamar sua atenção e perguntar o que podemos fazer	RESPOSTA ESPERADA: DIZER QUE É POR 1 SEGUNDO
Após transferir o programa agora abrindo durante um segundo levantar o questionamento de como podemos melhorar a cancela	-APÓS ABRIR DEVERÁ FECHAR A CANCELA -COLOCA UM NOVO COMANDO PARA O MOTOR NA PORTA A GIRAR AGORA NO SENTIDO CONTRÁRIO -TAMBÉM DEVERÁ SER DURANTE UM CERTO TEMPO (O MESMO QUE LEVOU PARA ABRIR) -APÓS DEVERÁ INTRODUIR O COMANDO DE PARAR NOVAMENTE
P.: <i>como melhor ainda mais nossa cancela robótica?</i>	PRECISA MAIS TEMPO DA CANCELA ABERTA
Se não se der conta simular o carro demorando para passar, com a cancela baixando antes dele passar completamente.	
Desafio: deve abrir e só fechar quando o motorista sair dali, seja qual for o tempo que demorar	RESPOSTA ESPERADA: UM OUTRO SENSOR DE LUZ NA SAÍDA.
Se não se der conta introduzir a idéia de que pode se colocar dois sensores	
Pedir que a criança leia o programa apontando no programa os passos que estão acontecendo no concreto	
Rodar o programa e a criança vai apontando no programa onde estamos	
DEPOIS QUE A CANCELA LEVANTAR PEDIR PARA A CRIANÇA APONTAR ONDE ESTAMOS NO PROGRAMA	RESPOSTA ESPERADA: "ENTRE O PARE DA 1ª PARTE E O SENSOR DA 2ª "

ANEXO 3: Protocolo da 2ª Fase d 3º Experimento

- 1-Apresentar ao aluno o material com o qual vão se realizarão as atividades:
 - o RCX, comparável ao cérebro,
 - o motor e
 - o fio que o liga ao RCX.
 - 2-Mostrar que o motor possui um eixo que pode girar para um lado ou para o outro e que é ligado na porta A, havendo possibilidade de ligar outros motores nas portas B e C.
 - 3-Introduzir a idéia de que, para que o robô funcione, necessita-se programá-lo, através do computador.
 - 4-Propor um primeiro programa que consistirá em fazer o motor girar, para frente (indicar o sentido), durante 1 segundo e, depois, parará.
 - 5-Construir o programa, indicando detalhadamente os ícones. Atenção especial para o motor, mostrando que existem ícones especiais de motores para as portas A, B e C e que, cada um, possui a opção de girar para um lado, ou para outro, destacando a seta que os diferencia.
 - 6-Transferir o programa para o RCX, explicando o processo.
 - 7-Pedir que a criança rode o programa.
 - 8-Introduzir a descrição do sensor de cor, explicando seu funcionamento (informa ao RCX quando vê a cor preta). Mostrar o sensor de cor, destacando que pode haver mais de um ligado; mostrar o segundo sensor de cor.
 - 9-Propor o próximo programa: só depois que ver a cor preta é que irá girar, por 1 segundo ,e, depois, parar.
 - 10-Explicar que, tal como numa frase as palavras são incluídas ao longo da linha, no programa os comandos também são inseridos numa seqüência linear.
 - 11-Apresentar o ícone correspondente ao comando do sensor de cor. Inserir-lo no início do programa anterior.
 - 12-Fazer a leitura do programa assim formado.
 - 13-Transferi-lo para o RCX.
 - 14-Pedir que a criança rode o programa. Posicionar o sensor apontando para baixo (branco). Destacar que ainda não girou o motor porque o sensor ainda não viu a cor preta. Solicitar que a criança aproxime o carro (preto) do campo de visão do sensor, quando, então, o motor deverá girar.
 - 15-Apresentar a idéia de que se irá fazer uma aplicação daquele robô e sua programação, da seguinte maneira:
 - acrescentar a base
 - montar sobre ela o RCX e o motor
 - acrescentar o braço da cancela, articulado com a polia, detalhando para o aluno o funcionamento de ambos.
 - ligar o eixo do motor à polia da cancela através de uma correia, detalhando para o aluno o funcionamento desejado que terá o conjunto quando o motor girar.
 - 16-introduzir a idéia de que o sensor de cor deverá ficar numa posição tal que detecte a chegada do carro preto, girando, então, de maneira a abrir a cancela.
 - detalhe importante: o sentido de giro do motor, em verdade, irá fazer a cancela fechar, em vez de abrir, o que, em princípio, só será percebido quando da execução do movimento do motor.
 - 17-Pedir que a criança rode o programa.
 - 18-A cancela fecha, em vez de abrir.
- Ponto específico de observação nº. 1: **-Perguntar o que houve.**
- Resposta esperada: fechou, em vez de abrir.
 - Caso haja necessidade, explicar o que aconteceu, mostrando o funcionamento desde o giro do motor até o abaixamento da cancela.
- Ponto específico de observação nº. 2: **-Perguntar qual a solução.**
- Resposta esperada: trocar o comando no computador: em vez de motor com flecha para a direita, coloca com flecha para a esquerda.
- 19-Apresentar o próximo desafio: depois que o carro passar pela cancela, esta só deverá baixar quando o mesmo passar pela posição 2.

Ponto específico de observação nº. 3: *O que fazer para que a cancela só baixe depois que o carro passar pela posição 2?*

Resposta esperada: colocar outro sensor sobre a posição 2.

20-Ponto específico de observação nº. 4: *Perguntar como fazer para programar.*

Resposta esperada: acrescentar comando para outro sensor, na porta 2, depois motor fechando, por 1 segundo e pára.