

Daniel de Queiroz Lopes

A exploração de modelos e os níveis de abstração
nas construções criativas com robótica educacional

Porto Alegre
2008

Daniel de Queiroz Lopes

A exploração de modelos e os níveis de abstração
nas construções criativas com robótica educacional

Tese apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de doutor em
Informática na Educação pelo Programa
de Pós-Graduação em Informática na
Educação da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, na área de concentração
Ciência Cognitiva Aplicada.

Orientadora:
Profa. Dra. Léa da Cruz Fagundes

Co-orientador:
Prof. Dante Augusto Couto Barone

Porto Alegre
2008

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

L864e Lopes, Daniel de Queiroz

A exploração de modelos e os níveis de abstração nas construções criativas com robótica educacional [manuscrito] / Daniel de Queiroz Lopes; orientadora: Léa da Cruz Fagundes; Co-orientador: Dante Augusto Couto Barone. – Porto Alegre, 2008.

327 f.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro de Estudos Interdisciplinares de Novas Tecnologias em Educação. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, 2008, Porto Alegre, BR-RS.

1. Informática na educação. 2. Tecnologia educacional – Ambiente de aprendizagem. 3. Construtivismo. 4. Robótica. . 5. Psicologia cognitiva. 6. Papert, Seymour de. I. Fagundes, Léa da Cruz. II. Barone, Dante Augusto Couto. III. Título.

CDU – **371.694.3:159.922.7**



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
Daniel de Queiroz Lopes**

A exploração de modelos e os níveis de abstração nas construções criativas com robótica educacional

Às treze horas do dia 18 de dezembro de dois mil e oito, no Auditório do CINTED, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, realizou-se a Defesa de Tese intitulada *A exploração de modelos e os níveis de abstração nas construções criativas com robótica educacional*, de autoria de **Daniel de Queiroz Lopes**, sob a orientação da Profa. Dra. Léa da Cruz Fagundes e co-orientação do Prof. Dr. Dante Augusto Couto Barone. A Banca Examinadora, composta pelos Professores Doutores Maria Cristina Villanova Biazus, Marcus Vinícius Basso, Eliane Schlemmer e Silvia Silva da Costa Botelho, 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.

Profa. Dra. Léa da Cruz Fagundes
Presidente e Orientadora

Prof. Dr. Dante Augusto Couto Barone
Co-orientador

Profa. Dra. Maria Cristina Villanova Biazus
UFRGS-PGIE

Prof. Dr. Marcus Vinícius Basso
UFRGS

Profa. Dra. Eliane Schlemmer
UNISINOS

Profa. Dra. Silvia Silva da Costa Botelho
FURG

Agradeço profundamente aos estudantes com os quais convivi ao longo destes anos de trabalho, estudo e diversão. Sim, porque nos divertimos muito, e por isso mesmo, aprendemos!

Às Irmãs de São José, da Associação Educacional São José e do Colégio Sévigné pela oportunidade de viver intensamente essa experiência.

À Direção, professores e estudantes da E.E.E.F. Luciana de Abreu pela abertura e parceria para este desafio – também pelo carinho, sorriso e afeto.

À Profa. Léa da Cruz Fagundes e aos colegas do Laboratório de Estudos Cognitivos do Instituto de Psicologia da UFRGS pela condição de pesquisa e desenvolvimento que tem impulsionado minha trajetória acadêmica.

Ao PPG em Informática na Educação, professores e funcionários, e a UFRGS pela acolhida, aprendizado e constante desafio – uma morada de quase vinte anos, de aperfeiçoamento e qualificação.

À minha mulher, Eliana, pela força e paciência, pela inspiração, pelo amor, pela certeza louca e pelo nosso vento – força etérea que nos faz navegar.

“As duas metades da natureza:

*Natureza ao alcance dos sentidos e do engenho – artesanato,
natureza ao alcance da mão; prevalece o sentimento (predomínio das
artes).*

*Natureza ao alcance da inteligência e da ciência – tecnologia,
natureza ao alcance do intelecto; prevalece o raciocínio (predomínio
das ciências).*

Sempre coexistiram e continuarão a coexistir (questão de dosagem).”

Lúcio Costa,
Museu de Ciência e Tecnologia. Rio de Janeiro, 1970.

“A originalidade consiste em apropriar-se, em retornar às origens.”

António Gaudí

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	9
Lista de Quadros.....	13
1. Justificativa.....	14
2. A criatividade.....	20
2.1. Inteligência e criatividade.....	22
2.2. Criatividade e inovação.....	25
2.3. Técnica e criatividade.....	30
2.4. Tecnologia na educação.....	35
3. A Robótica Educacional.....	39
3.1. O design em robótica educacional.....	40
3.2. Robótica e Construtivismo.....	42
3.2.1. O construtivismo.....	43
3.2.2. O construcionismo de Papert.....	45
3.3. Recursos tecnológicos para o desenvolvimento de projetos em RE.....	49
4. Metodologia.....	53
4.1. Posição do problema.....	53
4.2. Sujeitos, procedimentos e instrumentos.....	54
4.2.1. Robótica nas Séries Iniciais do E. F.....	55
4.2.2. Robótica nas Séries Finais do E. F.....	62
4.3. Categorias de análise.....	65
5. Oficinas de RE nas séries iniciais do E.F.....	68
5.1. Sessões preliminares de exploração das peças.....	69
5.2. Robótica na sala de aula na modalidade M-1.....	71
5.2.1. Categorização das condutas dos sujeitos na realização de projetos na modalidade M-1.....	81
5.3. Oficina extraclasse de robótica nas modalidades M-1, M-2 e M-4.....	83
5.3.1. Categorização das condutas dos sujeitos na realização de projetos nas modalidades M-2 e M4.....	89
6. Oficinas de RE nas séries finais do E.F.....	90
6.1. Projeto Cidade: sistema de transporte e sistema hidráulico-fluvial.....	91
6.1.1. O guindaste.....	92
6.1.2. O teleférico.....	95
6.1.3. A caixa d'água.....	98
6.1.4. O moinho.....	102

6.1.5. Categorização das condutas dos sujeitos no projeto “Cidade”.....	104
6.2. Projetos diversos	104
6.2.1. Projeto “TurboCar”	105
6.2.2. Projeto “Kza Viva”	112
6.2.3. Projeto “Car to Night”	118
6.2.4. Categorização das condutas dos sujeitos nos projetos “TurboCar”, “Kza Viva” e “Car to Night”	122
6.2.5. As diferenças entre as modalidades M-2 e M-4	123
6.3. Categorização geral das condutas dos sujeitos nos projetos	124
7. Discussão	129
7.1. As condutas dos sujeitos e as diferenças nos níveis de abstração	129
7.1.1. Os níveis de abstração nos projetos das séries iniciais do E.F.	130
7.1.2. Os níveis de abstração nos projetos das séries finais do E.F.	147
7.2. As construções microgenéticas e o design em robótica	154
7.3. A definição e escolha de rotinas	156
7.4. A utilização de modelos de protótipos	159
7.5. De rotina à primitiva	161
7.6. De primitiva a procedimento	162
8. Conclusões	165
8.1. O uso de modelos e as construções criativas	165
8.2. Para uma robótica educacional construtivista	171
9. Referências	174
Anexos	178
A – “Porta abre-fecha”	179
B – “Projeto Cidade”	185
C – Projetos Diversos I	203
D – Projeto erguendo objetos	219
E – Projetos Diversos II	234
F – Projetos diversos III	254
G – Projetos Diversos IV	277
H – Projeto “Casa Music 7.5”	290
I – Exemplos de construções durante a familiarização com as peças	298
J – Perfil dos sujeitos envolvidos na experiência com o Globot	299
K – Coleção de trechos com evidências das categorias de análise durante experimento com o Globot	304

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pato de Vaucason e a construção de bonecos autômatos	34
Figura 2: Controladores Cricket e GoGo Board, respectivamente	50
Figura 3: versão do XO entregue aos alunos de Escola Estadual de Porto Alegre	57
Figura 4: HUB, servo-motor e sensor de movimento do Globot.....	59
Figura 5: amostra do guia de atividades do Globot.....	60
Figura 6: interface do Globot no XO.....	61
Figura 7: Tijolo RCX, sensores e motores, e a interface de programação do ROBOLAB™	63
Figura 8: objeto “Destruidor de alienígenas” construído a partir da exploração livre das peças	69
Figura 9: objeto “Nave” construído a partir da exploração livre das peças.....	70
Figura 10: “torre” construída a partir do desafio de construir a estrutura mais alta possível	70
Figura 11: objetos que compensaram a altura na forma	71
Figura 12: exemplo do guia de montagem dos protótipos.....	73
Figura 13: jogo de acertar a bola no alvo com o chutador	73
Figura 14: tabela construída pelos alunos para registro dos resultados do jogo.....	74
Figura 15: programa que controlava o chutador apresentado no livro de atividades	75
Figura 16: modelo do manual com a etapa de montagem da base do sistema de içamento do gigante	76
Figura 17: indiferenciação em relação a função do elástico da base de içamento do gigante montada a partir de modelo do manual.....	76
Figura 18: o goleiro montado a partir da sua versão original do manual.....	77
Figura 19: transformações operadas no goleiro em função de processos regulatórios de adequação aos observáveis do objeto.....	77
Figura 20: novos personagens para a partida (torcida e “camera man”).....	78
Figura 21: modelo original do avião proposto no guia de montagem	78
Figura 22: transformações de controle sobre modelo do avião.....	79
Figura 23: o “dançarino” e a elaboração do programa para fazê-lo dançar	79
Figura 24: programa que controlava o dançarino.....	80
Figura 25: modelo construído durante a atividade de exploração dos materiais	84
Figura 26: carro construído sem o uso de modelos e sem um sistema de transmissão do motor para as rodas	85

Figura 27: carro elaborado sem utilização de modelo e com sistema de transmissão do tipo MOTOR→EIXO→RODA	85
Figura 28: helicóptero construído sem manual e utilizando sistemas de transmissão direta e combinada.....	86
Figura 29: programa que controlava o helicóptero, reconstruído a partir do modelo do avião montado na primeira fase do projeto.....	87
Figura 30: nave construída com diversos motores simulando instrumentos e acessórios	87
Figura 31: jipe lunar com instrumentos de pesquisa e navegação.....	88
Figura 32 - Projeto "Cidade" durante a apresentação	92
Figura 33 - exemplo de imagem pesquisada e o desenho do projeto.....	93
Figura 34 - Versão final do protótipo do guindaste.....	94
Figura 35 - Versão final do programa de controle do guindaste.....	95
Figura 36 – desenho inicial do projeto teleférico	95
Figura 37 - segundo desenho do projeto teleférico	96
Figura 38 - protótipo da casa de máquinas do teleférico.....	97
Figura 39 - programa que controlava o teleférico.....	98
Figura 40 - imagem de caixa d'agua pesquisada e o desenho do protótipo.....	99
Figura 41 - versões inicial e final do "mini robô" que aciona o interruptor do mini-compressor	100
Figura 42 - versão inicial e final da caixa d'água.....	101
Figura 43 - versão do programa que contralava a caixa d'água usando sensor de toque.....	102
Figura 44 – imagem pesquisada e desenho do moinho simulando o movimento do rio em relação a queda d'água do reservatório	102
Figura 45 - protótipo do moinho e mini-usina de energia elétrica.....	103
Figura 46 – versões iniciais da montagem do "TurboCar".....	106
Figura 47 - utilização sem sucesso de eixo articulado em rodas dianteiras...	106
Figura 48 - apropriação de modelo de direcionamento das rodas e criação de sistema de transmissão com tração traseira.....	107
Figura 49 - exploração inicial da programação, aumentando a distância entre os ícones com a intenção de aumentar o intervalo de tempo entre os comandos	108
Figura 50 - exploração da programação do "TurboCar" em modo multitarefa.....	109
Figura 51 - nova composição de engrenagens para o movimento do "TurboCar"	109
Figura 52 - relatório explicando o funcionamento da versão final do programa do "TurboCar"	111

Figura 53 - versão inicial do programa com procedimentos em paralelo e com o tempo de 2s para compensar o alinhamento das rodas	112
Figura 54 - desenho do projeto "Kza Viva"	112
Figura 55 - posicionamento inicial do sensor de toque e da lâmpada, mas sem fios	113
Figura 56 - programa inicial da "Kza Viva" com base no esquema LED	114
Figura 57 - encaixe do micromotor próximo à porta sem elaboração de sistema de transmissão do movimento	114
Figura 58 - alavanca articulada representando o movimento do braço ao abrir uma porta	115
Figura 59 - programa que controlava a campainha e a porta da "Kza Viva"	116
Figura 60 - elevador da "Kza Viva"	116
Figura 61 - explicação dos sujeitos para o programa que controlava a "Kza Viva"	117
Figura 62 - desenho do "Car to Night"	118
Figura 63 - primeira versão do protótipo "Car to Night"	119
Figura 64 - integração do modelo de direcionamento das rodas dianteiras ...	119
Figura 65 - sistema de tração com movimento das rodas em sentidos opostos.....	120
Figura 66 - transformação do sistema de tração a partir da reflexão sobre modelo de transmissão do movimento entre engrenagens e versão do "Car to Night"	120
Figura 67 - versão final do "Car to Night" e sistema de tração de menor velocidade	121
Figura 68 - explicação acerca do funcionamento do programa que controlava o "Car to Night"	121
Figura 69 - Atividade do "Gigante" do guia de atividades do Globot (v. experimental).....	132
Figura 70 - comando que desativa o motor após 0,2s	135
Figura 71 - programa do guia de atividades que controlava o placar eletrônico usando a função contador.....	139
Figura 72 - ícones/comandos que acionam o motor no sentido horário e anti-horário	143
Figura 73 - Exemplar de polia, rosca-sem-fim e polia dentada	143
Figura 74: Desenho dos protótipos "Carro" e "Casa"	154
Figura 75: As versões finais dos protótipos "Carro inteligente - TurboCar" e "Kza Viva"	156

Figura 76: “Kza viva” – sistema de abertura automática da porta construído a partir da observação do movimento de um braço abrindo uma porta	158
Figura 77: Programa simples que liga uma lâmpada conectada à porta “A” do RCX, espera por 5 segundos e desliga a mesma lâmpada.....	158
Figura 78: Programa que controlava o funcionamento da “Casa viva”	159
Figura 79: Modelo de revista para sistema de direcionamento das rodas	160
Figura 80: Protótipo inicial de carro produzido a partir da apropriação de modelo.....	160
Figura 81: O protótipo do “Carro” e o programa que o fazia se movimentar em “zigue-zague”.....	163
Figura 82: Quadriciclo – “uma moto de 4 rodas”	298
Figura 83: Guerra	298
Figura 84: Robô.....	298
Figura 85: Robozinho	298
Figura 86 - Grau de instrução dos seus pais segundo os alunos.....	301
Figura 87 – Tipos de equipamentos eletro-eletrônicos os alunos têm em casa.....	301
Figura 88 - Percepção dos estudantes acerca do quanto sabem usar o computador	302
Figura 89 - Quantidade de alunos, por turma, que relataram contato prévio com LEGO.....	302

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Categorias gerais de referência com base na E.G.....	65
Quadro 2 - Categorias de análise das condutas dos sujeitos	66
Quadro 3 - Condutas evidenciadas nos projetos das séries iniciais na sala de aula na modalidade M-1.....	83
Quadro 4 - Condutas evidenciadas nos projetos das séries iniciais na oficina extraclasse nas modalidades M-2 e M4.....	89
Quadro 5 - Índice dos projetos das séries finais do E.F.	90
Quadro 6 - Categorização das condutas dos sujeitos no projeto "Cidade" na modalidade M-2.....	104
Quadro 7 - Categorização das condutas dos sujeitos nos projetos "TurboCar", "Kza Viva" e "Car to Night" na modalidade M-4	123
Quadro 8 - Categorização das condutas dos sujeitos nos projetos na modalidade M-1	125
Quadro 9 - Categorização das condutas dos sujeitos nos projetos na modalidade M-3.....	126
Quadro 10 - Categorização das condutas dos sujeitos nos projetos na modalidade M-4.....	128

1. JUSTIFICATIVA

As três últimas décadas sugerem mudanças significativas nas formas de se pensar o ser, o viver e o aprender (LÉVY, 1993; BAUMGARTEN, 2001; GIANNETTI, 2006). A sociedade tecnologizada exige dos cidadãos novas aptidões que outrora faziam parte apenas de universos técnico-burocráticos especializados. Ao mesmo tempo, as tecnologias da informação e a automatização, de certa forma, têm subtraído algumas necessidades de os sujeitos se ocuparem de determinados “problemas do dia-a-dia”. Desde o ligar um eletrodoméstico, passando pelo voto eletrônico, até a utilização específica de um microcomputador, a tecnologia tem produzido “facilidades” através de sistemas cada vez mais complexos – no que diz respeito aos efeitos que produzem – e ao mesmo tempo simples – no que diz respeito à sua utilização. Ao invés de se operar mecanismos apertam-se botões; de se assinar ou escrever, passa-se um cartão magnético ou se digita uma seqüência de números; de dar-se conta de erros de escrita, aciona-se um corretor ortográfico ou gramatical; ao invés de identificar e classificar arquivos de documentos aciona-se um sistema de reconhecimento e indexação em banco de dados.

Num mundo de “facilidades” crescentes, proporcionadas pela tecnologia, é possível perceber uma sofisticação do papel dos sujeitos-usuários, ao mesmo tempo em que ocorre um distanciamento do saber técnico que sustenta o funcionamento destas novas interfaces tecnológicas (RESNICK, BERG & EISENBERG, 2000). No contexto brasileiro, percebe-se uma geração de novos usuários capaz de operar com diversos dispositivos eletrônicos, como jogos portáteis, celulares e “*multiplayers*”. Contudo, a maioria das pessoas não compreende e não se interessa pelo funcionamento desses dispositivos, permanecendo na condição de usuários. Dessa forma, percebe-se que o saber técnico ainda restringe-se a uma minoria e o Brasil se mantém como um grande mercado consumidor ao invés de produtor de dispositivos eletro-eletrônicos e software. Como afirma Fernando Barros (BAUMGARTEN, 2001), o modelo de desenvolvimento brasileiro estruturou-se sob uma base que deu mais ênfase ao científico que ao tecnológico, com pouca participação do setor privado em investimentos em pesquisa e desenvolvimento e poucos cientistas e pesquisadores trabalhando em empresas, colocando o Brasil num baixo patamar de competitividade em relação aos outros países. Como se poderia reverter esse processo?

Uma das alternativas apontadas pelos órgãos oficiais, como o SETEC/MEC¹, seria resgatar a idéia de inserção do saber técnico na educação básica. Várias ações governamentais estão sendo empreendidas no sentido de expandir a oferta de vagas para o ensino médio profissionalizante. Porém, com relação ao ensino fundamental, existem poucos indicativos de ações governamentais no sentido de aproximar o saber técnico desse período escolar². Uma questão que se pode levantar é se o estudante, ao chegar no ensino médio, teria condições de avaliar e escolher caminhar por esse campo de formação. Não seria o caso de se inserir o saber técnico já no ensino fundamental, a fim de garantir um melhor entendimento desse campo de atuação por parte dos estudantes, facilitando, inclusive, a escolha por profissões na área?

Uma pesquisa do IPEA³ apontou, em 2007, que o Brasil deverá ter um total de 9,1 milhões de trabalhadores demandantes de emprego, porém, somente 1,7 milhão com qualificação e experiência profissional adequada aos postos de trabalho gerados. Essa desqualificação profissional está diretamente relacionada à trajetória da escolarização do brasileiro. Em estudo sobre o fracasso escolar e as classes de aceleração de estudos, Sampaio (2000) aponta que, além dos fatores sociais e econômicos, a inadequação dos currículos e das propostas pedagógicas está diretamente relacionada com a repetência e o abandono dos estudos. Além disso, a organização do currículo em componentes e tempos estanques, desarticulados e fragmentados, não favorece a aprendizagem dos alunos e contribui para o fracasso escolar. A autora complementa que, com base nas teorias críticas da educação, o conhecimento selecionado e transmitido na escola é hostil aos alunos das classes populares e comprometido com as relações de poder que organizam a vida social.

O desinteresse por parte dos alunos é evidente. Segundo estudo da Fundação Getúlio Vargas⁴, 37,7% de jovens de 10 a 14 anos e 45,1% de 15 a 17 anos declararam que não estão na escola porque “não querem”, ou seja, não têm uma percepção clara sobre a função da escola em suas vidas. Ao mesmo tempo, com base nesse mesmo estudo, apenas 21% dos brasileiros utilizam a internet, e 71,1% dos brasileiros que a utilizam tem como motivação o

¹ SETEC – Secretaria de Educação Tecnológica do Ministério da Educação.

² Dentre essas poucas iniciativas, está o Projeto UCA – Um Computador por Aluno, um projeto piloto que, a partir do modelo 1:1 (um computador para cada aluno), investiga o uso de laptops de baixo custo por estudantes do ensino fundamental de escolas públicas brasileiras.

³ Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/destaque/mapadoemprego.pdf>>

⁴ Centro de Políticas Sociais da FGV. “Equidade e eficiência na educação”. Disponível em : <http://www.fgv.br/cps/simulador/Site_CPS_Educacao/FGV_CPS_EquidadeEficiencia_EducacaoFIM6.pdf>

aprendizado e o estudo. O que se passa, então com a escola? Como modificá-la de modo que o estudante passe a percebê-la relacionada com a sua vida?

Como foi mencionado anteriormente, é evidente o interesse dos jovens pela tecnologia e pelas grandes invenções, e trazê-la para dentro das instituições educacionais pode vir a ser um caminho no sentido desses jovens re-significarem a escola. Mas, como instigá-los a ir além do simples uso desses aparelhos? Como estimular seu potencial criativo, despertando seu espírito inventivo e o da motivação pela descoberta? Como pensar o contexto da escola de forma que essa geração de usuários possa se interessar desde cedo pelo saber técnico?

A escola, ao longo do seu desenvolvimento, tem tratado o conhecimento em sua forma acabada, dando pouca ou quase nenhuma importância ao processo científico, ao modo como estes conhecimentos foram gerados. Assim, as técnicas e instrumentos empregados nas investigações científicas não fazem parte da sala de aula ou são muito pouco utilizados, restringindo-se ao espaço dos laboratórios. A escola também tem tratado o conhecimento de forma isolada da realidade, dos contextos de vida dos estudantes, fato que, com já foi apontado, tem relação direta com a repetência e o abandono dos estudos.

Em geral, na Escola, a dimensão da atividade técnica não é bem entendida, pois é tomada como simples aplicação dos conhecimentos, e não como parte do processo de construção do saber. Ao mesmo tempo, a atividade técnica não é compreendida desde a sua dimensão simbólica, como forma de entender e de transformar o mundo. Com isto, na escola os sujeitos primeiro têm que “conhecer”, para, quem sabe, mais tarde, “fazer”. Nesse mesmo sentido, quase não há espaço para a criação, para a invenção, para o design.

Os temas relacionados à criatividade e à invenção quase sempre são tratados no contexto das pesquisas acadêmicas. A escola praticamente não se apropriou desse conhecimento gerado. Ao contrário, a educação, de maneira geral, está centrada na elaboração dos *standards*, na aplicação de modelos, apostilas e exercícios de forma a poder dar conta do ensino de massas. Raramente se encontram escolas, por exemplo, com projetos de avaliação emancipatória; na sua maioria, os sistemas de avaliação usam o critério da competência em dar a resposta certa, não importando o significado disso para o aluno.

É possível pensar no desenvolvimento da criatividade ou na motivação pela descoberta quando, na verdade, o que a escola espera é uma resposta e não uma pergunta? É possível pensar em sujeitos criativos num contexto onde só é válido o pensamento convergente? É possível pensar em sujeitos motivados a descobrir quando o que se espera deles é que sigam roteiros ou modelos?

O Laboratório de Estudos Cognitivos (LEC) do Instituto de Psicologia da UFRGS, junto ao qual o presente autor integra a equipe de pesquisa desde 1987, vem desenvolvendo pesquisas na área de ciência cognitiva aplicada à educação desde 1980. Nesse período, através do LEC, foram publicados diversos artigos, dissertações e teses na área com base na Epistemologia Genética de Piaget, envolvendo principalmente os temas relacionados à aprendizagem e a tecnologia.

De 1984 a 1991, com recursos do Projeto EDUCOM, os pesquisadores do LEC desenvolveram estudos sobre a atividade de programação na linguagem LOGO por crianças do E.F., com resultados importantes em relação à produção de conhecimento sobre a aprendizagem nesses ambientes. A linguagem LOGO desenvolvida por Seymour Papert se tornou um marco de referência para as pesquisas sobre cognição e o computador, pois a atividade de programação revelou-se como potencializadora dos processos reflexivos dos sujeitos, colocando o computador numa esfera que vai muito além de simples facilitador de tarefas ou solucionador de problemas.

Em 1993, o LEC adquiriu um primeiro material de robótica destinado a crianças, o conjunto LEGO[®] TCLogo, quando desenvolveu alguns estudos envolvendo a construção e programação de protótipos por professores e alunos do E.F. Nessa época, se pôde constatar o potencial desse recurso em termos de campo de pesquisa para as ciências cognitivas, principalmente em relação às aprendizagens de crianças em idade escolar. Em comparação com a atividade de programação em LOGO das pesquisas anteriores, os projetos de robótica introduziram um elemento importante nesse processo: a possibilidade de os sujeitos controlarem dispositivos reais (robôs) e não somente virtuais (interface gráfica do computador). De lá para cá, muitas outras versões de conjuntos de robótica foram desenvolvidas a custos mais acessíveis, e várias instituições educacionais, públicas e privadas, têm investido na aquisição desses conjuntos.

O que se percebe atualmente é que tem crescido o interesse pela robótica nas escolas de educação básica, a ponto de algumas prefeituras brasileiras já estarem investido bastante na equipagem de suas escolas com conjuntos de robótica e na formação de professores. Paralelamente, uma grande quantidade de materiais de referência técnica e de relatos de experiências e projetos foi disponibilizada por diferentes centros de estudos ao redor do mundo, como o Future of Learning⁵ (Media Lab/MIT). São relatos de experiências

⁵ <<http://learning.media.mit.edu/projects.html>>

fantásticas, cujo sucesso evidente é apontado pelas comunidades educacionais envolvidas. Porém, a maior parte desse material não está na língua portuguesa, dificultando o acesso por parte de professores e estudantes brasileiros, no sentido de abrir novas possibilidades para pensar a sua atividade pedagógica com base nas experiências desses centros.

Por outro lado, ao passo que crescem as publicações de pesquisas na área de desenvolvimento tecnológico e de materiais envolvendo a robótica, as publicações em pesquisa básica envolvendo as ciências cognitivas nesses contextos permanecem mais escassas. É mais comum encontrar artigos e estudos que tratam das aprendizagens mais específicas de conceitos de determinada área do conhecimento, como a Física e a Matemática. Mas são poucos os estudos que tratam de gerar conhecimento sobre os processos de aprendizagem em geral, ou seja, os invariantes que podem servir de base para se pensar as aprendizagens de qualquer área do conhecimento. No contexto interdisciplinar das escolas, a pesquisa básica em ciências cognitivas no contexto tecnológico adquire um grande valor, pois serve de referência para a elaboração das metodologias e processos de avaliação das aprendizagens.

Em função do crescente interesse pela área, a demanda por artigos e estudos que ajudem aos professores nas escolas a desenvolver projetos de robótica educacional é muito grande. Dada essa demanda, é fundamental que se aprofundem os estudos envolvendo as aprendizagens nos contextos em que se utilizam os princípios da robótica com fins educacionais. Tais estudos são fundamentais no sentido de colocar à disposição de pesquisadores, professores e estudantes materiais de referência voltados para a avaliação das aprendizagens escolares nestes contextos.

Ao longo dos últimos quatro anos, o presente autor tem estado em contato com professores, estudantes, pais e pesquisadores envolvidos de alguma forma com projetos em robótica educacional. Uma das coisas que se pôde constatar nesse período é que parece ser unânime a opinião de todos os envolvidos de que os projetos em robótica educacional despertam nos jovens seu potencial criativo e a motivação para a descoberta, algo que, muitas vezes, não se consegue noutros contextos. Mas, como garantir que os projetos de robótica educacional possam estar a serviço da promoção da criatividade e da descoberta? O que seria necessário garantir, em termos pedagógicos e metodológicos, para que a robótica educacional não se resuma a uma simples construção e observação de modelos de manuais? Quais os limites e as potencialidades desses modelos no que se refere à aprendizagem dos sujeitos?

Com base na Epistemologia Genética de Jean Piaget, o presente trabalho procura contribuir para a produção de conhecimento na área de concentração das ciências cognitivas aplicada à Informática na Educação, no sentido de explicitar os processos cognitivos envolvidos no contexto de desenvolvimento de projetos em robótica educacional por crianças em idade escolar. Para tanto, num primeiro momento, serão apresentados alguns dos elementos teóricos envolvendo a criatividade em relação à inteligência e à técnica. Em seguida, a robótica educacional em relação ao *design* e ao construtivismo. Num segundo momento, serão apresentados os aspectos metodológicos envolvidos na problematização do presente estudo. No terceiro momento, serão apresentados os resultados de alguns estudos de caso acerca das condutas de estudantes envolvidos com projetos em robótica educacional. Finalmente, será apresentada uma discussão sobre os resultados obtidos nesses estudos de caso e as conclusões as quais se pode chegar com o presente estudo.

2. A CRIATIVIDADE

Sternberg & Lubart (STERNBERG & LUBART *et al*, 1999) definem a criatividade como uma habilidade em produzir um trabalho que é ao mesmo tempo novo (original, inesperado) e apropriado (útil, adequado em relação aos objetivos de uma tarefa ou problema). Consideram a criatividade como um assunto que abrange tanto as dimensões individuais quanto sociais. Na sua dimensão individual, a relevância da criatividade reside, por exemplo, na resolução de problemas do trabalho ou do dia a dia. Na sua dimensão social, a criatividade pode levar a novas descobertas científicas, a novos movimentos artísticos, a novas invenções, etc.

No Dicionário de Ciências Cognitivas de Guy Tiberghien, Bonnardel (TIBERGUIEN *et al.*, 2007; p. 136), encontra-se a criatividade definida como:

Capacidade de produzir uma idéia expressável de uma forma observável ou de realizar uma produção (composição pictórica, escultórica, musical; texto literário, científico, publicitário; esboço, plano ou maquete de um objecto técnico, etc.) que seja ao mesmo tempo inovadora (e inesperada), adaptada à situação e considerada como tendo valor.

Em ambas as definições acima, a criatividade é entendida como um atributo do sujeito, pois é definida a partir dos termos habilidade e capacidade. Sendo assim, uma primeira indagação seria: qual a origem destes atributos?

Vários estudos dão suporte aos que defendem as bases biológicas para o entendimento da criatividade, como Gazzaniga & Hillyard, 1971, Penfield e Roberts, 1958, Hines & Martindale, 1974 (*apud* MARTINDALE; STERNBERG & LUBART *et al*, 1999). Estes estudos analisaram a atividade cerebral durante a realização de alguma atividade criativa por parte dos sujeitos. A origem destes estudos se deve à análise de pacientes com diagnóstico de esquizofrenia, cujos padrões de atividade cerebral se assemelha aos dos sujeitos em atividade criativa. Segundo Fromm, 1978 (*ibidem*) a explicação para esse fenômeno, tem por base a idéia de que o cérebro humano opera num continuum entre processos primários e secundários de pensamento. Os processos primários são encontrados em estados normais, como em sonhos e em meditações, e também anormais, como na psicose e hipnose; caracterizam-se por tratar de imagens concretas em oposição a conceitos abstratos. Os processos cognitivos secundários caracterizam-se por darem conta das abstrações, da lógica, e são orientados para a realidade durante os estados de vigília. Kris, 1952 (*ibidem*), sustenta que a *inspiração criativa*

exige uma “regressão” ao estado primário do pensamento, pois, pelo fato deste estado ser associativo, favoreceria a descoberta de novas combinações de elementos mentais. Por outro lado, sustenta o autor, a *elaboração criativa* envolve um retorno ao processo secundário do pensamento. Dessa forma, as pessoas que permanecem mais ou menos “presas” em um dos estados têm sua capacidade criativa limitada. Vários estudos dão suporte à hipótese de Kris de que as pessoas criativas têm maior facilidade em acessar os processos primários do pensamento, e indicam que tais pessoas revelam mais fantasias, lembram melhor dos seus sonhos e são mais fáceis de se hipnotizar do que as pessoas menos criativas (*ibidem*). Após várias pesquisas e revisão bibliográfica, Martindale (STERNBERG & LUBART *et al*, 1999; p. 149) conclui que:

[...] a inspiração criativa ocorre em estados mentais nos quais a atenção é difusa, o pensamento é associativo, e um grande número de representações mentais é simultaneamente ativado. Tal estado pode ser evidenciado de três formas: baixos níveis de atividade cortical, comparativamente mais atividade no hemisfério cerebral direito que no esquerdo, e baixos níveis de atividade no lobo-frontal. Pessoas criativas geralmente não apresentam estes três estados, mas somente enquanto engajadas numa atividade criativa.

Apesar de todas as evidências apresentadas pelos autores, definir a origem da criatividade a partir de padrões de atividade cerebral não encerra a questão. Tais padrões, com certeza, revelam estados e processos neurofisiológicos, mas não dão conta das especificidades que envolvem a origem dos processos criativos. Seria como tratar um efeito por uma causa. As drogas alucinógenas usadas por diversos artistas são um bom exemplo do efeito da artificialidade da passagem aos processos primários de pensamento. Com algumas exceções de talentosos músicos, escritores e pesquisadores que se afirmavam consumidores de algum tipo de droga alucinógena, a maioria dos usuários não desenvolve necessariamente um potencial criativo, principalmente no caso de uso de drogas mais pesadas (SPINHO & SOUSA, 2001). Ao contrário, não são capazes de reter os pensamentos e idéias produzidas nos estados de transe e tendem a ter que usar uma dosagem cada vez maior para alcançar o efeito desejado. E mesmo que se admitam os efeitos positivos das drogas para os processos criativos, idéias e pensamentos não puderam, pelo menos até o momento, ser simplesmente equacionados em fórmulas neuroquímicas, pois as pesquisas apontam para uma dinâmica extremamente complexa de funcionamento do cérebro, como apontam Battro & Denham (2007). Esses mesmos autores, com base em outros estudos, afirmam ser inegável que o desenvolvimento do cérebro é fruto de um processo de desenvolvimento ocorrido ao longo da história do ser humano na Terra. Sendo assim, algumas aquisições neuro-químio-fisiológicas

da espécie possibilitaram ao ser humano desenvolver funções de pensamento cada vez mais complexas. No entanto, essa condição de possibilidade biológica não garante, por si só, as aprendizagens em função de sua característica sistêmica. Assim, no mesmo sentido, se a criatividade é entendida como capacidade ou habilidade humana adquiridas pela espécie, é preciso que ela também seja pensada no contexto dos sistemas do pensamento, ou, em outras palavras, no contexto da inteligência humana.

2.1. Inteligência e criatividade

Piaget (1981) propõe que se pense a criatividade a partir da idéia de construção e reconstrução do conhecimento, e que este é um processo que se dá a cada geração e em cada indivíduo. Com isso, Piaget insere a discussão sobre a criatividade no contexto de suas pesquisas sobre o desenvolvimento da inteligência humana.

Ele propõe que cada criança reconstrói a sua própria inteligência e seu próprio conhecimento estruturando a realidade. Nesse sentido, a criança, de certa forma, recria o mundo à medida que interage com os objetos. Para este autor, o desenvolvimento da inteligência da criança é processo de criação contínua, pois as estruturas cognitivas não estão pré-formadas, mas sim são construídas, e isto é principalmente observado nos primeiros anos de vida. Portanto, Piaget, ao invés de apresentar a criatividade como simples surgimento da novidade, posiciona-a como um problema psicológico e uma função da inteligência humana, pois a coloca em relação direta com o desenvolvimento do indivíduo, no sentido de caracterizá-la, primeiro, como novidade para o sujeito. Ao mesmo tempo, estabelece que a criatividade é processo e não uma faculdade inata.

Piaget (*Ibidem*) também propõe que se pense a criatividade a partir do processo de abstração reflexionante, a abstração extraída das coordenações das ações do sujeito e não simplesmente das propriedades dos objetos (abstração empírica). Este é um processo que permite ao sujeito construir seu próprio pensamento, inserindo o real num sistema de significações que o reorganiza num nível superior ao empírico, permitindo a elaboração de inferências, de operações lógico-matemáticas, de heurísticas, etc. A abstração reflexionante envolve dois aspectos: o “reflexionamento”, que envolve a projeção a um nível superior o que foi retirado de um inferior (ex.: da ação à representação), e a “reflexão”, entendida como a reconstrução e reorganização num nível superior do que foi transferido do inferior. Em outras palavras, a abstração reflexionante é um processo que permite ao sujeito passar da simples

constatação (por exemplo, de um fenômeno qualquer) à conceituação (razões pelas quais o fenômeno ocorreu).

Sendo assim, para se entender melhor como Piaget entende a criatividade, é necessário entender como o autor pensa a própria inteligência humana, já que o autor não distingue claramente um termo do outro, ou, ainda, entende a criatividade como um dos processos da inteligência.

A inteligência é freqüentemente definida como uma capacidade em resolver problemas, seja ela inata ou adquirida. No entanto, Piaget recoloca o problema, definindo a inteligência como uma função. Por este motivo, como todas as outras funções que garantem a sobrevivência do organismo humano, ela se justifica apenas a partir da interação. Mas se a inteligência é uma função, como ela funciona? Funciona sempre a serviço da adaptação do sujeito em relação às trocas com o seu meio ambiente.

Piaget estudou o nascimento da inteligência humana a partir da observação sistemática de bebês, desde os primeiros meses de idade até os dois anos, antes do surgimento da linguagem. Desde o momento em que a criança, ainda no ventre materno, assimila informações do meio externo, ela já está formando estruturas mentais que garantirão a ela adaptar-se às transformações do meio ambiente. Parte dessas estruturas é completamente herdada, outra adquirida, e, a sua maior parte, construídas. A respiração é um exemplo de estrutura herdada pelo sujeito, uma função inata, mas que necessita da interação com o meio externo para funcionar e acomodar-se a uma nova realidade diferente da intra-uterina. Os comportamentos reflexos são em sua maioria herdados e possuem um alto grau de dependência dos órgãos dos sentidos, e compõem com estes as estruturas orgânicas.

À medida que o sujeito interage com o mundo, estas estruturas vão se desenvolvendo, pois já não há somente atividade reflexa. Pela maturação orgânica e na interação com o meio, a atividade adaptativa do sujeito estabelece os primeiros hábitos adquiridos. É esta atividade organizadora que desenvolve sistemas lógicos e, através de sua ação sobre o meio, o indivíduo vai coordenando estas estruturas e atribuindo propriedades aos objetos, formando constantemente novos sistemas de significações. Assim, com base nas estruturas herdadas, em sua grande parte formada pelo sistema nervoso, e na necessidade de adaptação, o ser humano vai desenvolvendo sua inteligência, acomodando as peculiaridades e particularidades do meio em função da assimilação da novidade na forma de representações mentais. É esta relação interativa entre indivíduo e meio que caracteriza a inteligência como uma função e qualifica o interacionismo e o construtivismo de Piaget.

Para Piaget, as funções de assimilação e acomodação são os elementos chave para compreender esse processo. A assimilação é o que possibilita ao sujeito se apropriar da novidade, reter a aprendizagem, seja na forma de pensamento concreto ou de estruturas lógicas mais complexas, ao passo que a acomodação é adaptar, modificar as estruturas mentais que o sujeito já possui ou construiu em função da novidade, do novo que se apresenta. É a acomodação que garante a assimilação, ao mesmo tempo em que o que já foi assimilado garante a acomodação das estruturas cognitivas, ou seja, a sua adaptação. Este processo de assimilação e acomodação demonstra o que há de mais interativo no processo de construção da Epistemologia Genética de Piaget.

Apesar disso, confunde-se muito a teoria de Piaget com a dos comportamentalistas, pois se identifica sua idéia de estruturas com as estruturas nervosas, neurônios e sinapses. Mas não se trata disso. De forma alguma Piaget confunde as estruturas orgânicas, responsáveis pela manutenção da vida, com as estruturas mentais, responsáveis pela adaptação do sujeito ao meio em que vive. São estruturas distintas e interdependentes. Estas estruturas a que Piaget se refere são estruturas lógicas, que vão se relacionando e se coordenando na forma de subsistemas e formando novos sistemas de significação. Esta visão sistêmica do construtivismo piagetiano é um dos pontos de mais difícil compreensão e dá margem a muitos equívocos.

Na prática, este fenômeno do desenvolvimento da inteligência se revela no momento em que o sujeito encontra-se num ambiente rico em novidades, no qual ele sente a necessidade de assimilar o desconhecido. A assimilação é, então, uma necessidade natural de se conhecer o desconhecido a fim de adaptar-se. É na assimilação do novo que o sujeito reconstrói suas estruturas de pensamento em novas estruturas de significação, ou seja, a novidade é assimilada pelas estruturas que já existem. Estas estruturas, sistemas lógicos, organizam a rede de sistemas de significações que se conectam entre si de forma não linear, não seqüencial, como fruto de um desenvolvimento sistêmico e dinâmico da inteligência.

A partir do que foi apresentado, é possível encontrar, nas idéias de Piaget, assim como nas primeiras definições no início deste capítulo, que a inovação também é um elemento que caracteriza a criatividade. Porém, Piaget procura inserir essa discussão dentro do contexto do desenvolvimento da inteligência humana.

2.2. Criatividade e inovação

Como já foi mencionado anteriormente, o termo criatividade vem sempre associado à idéia de novidade ou de inovação, seja no aspecto individual, seja no social. Quando se pensa sobre o contexto sócio-econômico-cultural e se avalia o grau de desenvolvimento tecnológico atual, é possível perceber que, desde o surgimento das tecnologias digitais, muitas novidades têm surgido. Da mesma forma, é possível identificar, no passado, novidades que impulsionaram profundas transformações de ordem sócio-cultural e econômica em diferentes momentos da História (SCHAFFER; BODEN *et al.*, 1999; LÉVY, 1993). Porém, dependendo do contexto em que ocorre, a novidade adquire status e nomenclaturas diferentes, como descoberta ou inovação. É possível pensar que uma idéia ou produto é criativo sem ser inovador? Ao contrário, pode-se pensar numa idéia ou num produto inovador sem ser criativo?

Nem sempre a novidade, ou inovação, surge como uma invenção, algo materializável ou manipulável. Algumas transformações do pensamento, novas idéias e ideais possuem a mesma, ou senão até maior, força transformadora que algumas invenções. O que de fato se pode apontar em relação às inovações é que a sua importância ou atribuição de valor está diretamente relacionada aos efeitos que produz ou às transformações que provoca. É assim que a novidade quase sempre surge em oposição a alguma coisa, seja a partir do pensamento divergente, seja da resolução de problemas, seja da resposta a uma necessidade do espírito humano. Já o reconhecimento de uma novidade pode vir a ser um processo longo e difícil.

A novidade pode surgir em relação às coletividades ou grupos humanos (a sociedade), bem como para um único indivíduo – a diferença fundamental está nos efeitos que pode produzir num e noutro contexto, social ou individual. Nesse sentido, é possível afirmar que o valor de uma novidade ou descoberta será sempre uma constatação *a posteriori*, pois se dá a partir dos efeitos que produz. Schaffer (*Ibidem*), a fim de caracterizar a dimensão individual e social de uma descoberta, utiliza-se, respectivamente, dos termos *autoria* e *autorização*, reafirmando o duplo sentido da descoberta. Porém, o autor questiona alguns exemplos históricos de “descobertas heróicas” atribuídas a um único autor, sem levar em consideração os fatos científicos e personagens anônimos contemporâneos à descoberta. Com isso, Schaffer não questiona a relevância da autoria (indivíduo), e sim a idéia de uma pessoa como “descobridor” descontextualizado historicamente. Essa posição de Schaffer é reforçada por alguns autores da sociologia do conhecimento como Bruno Latour e Michel Callon (*apud* BENAÏOUCHE; BAUMGARTEN, 2001), que defendem a idéia de que a produção do

conhecimento se dá em rede, com vários nós e múltiplas relações – teoria ator-rede (TAR). Isso pode ser percebido claramente no desenvolvimento tecnológico a partir dos exemplos de colaboração entre cientistas e pesquisadores.

A partir dos parâmetros da novidade e da descoberta, a criatividade assume um caráter muito mais social e político do que individual. No entanto, tais parâmetros ainda não são suficientes para defini-la. Afirmar a “descoberta” das moléculas, dos átomos, ou até mesmo da existência dos dinossauros exigiu autoria e autorização (reconhecimento), estando ambas sujeitas a critérios racionais de formalização e demonstração. Desta forma, a criatividade adquire uma segunda característica inerente à primeira: ao seu duplo aspecto – individual e social – acrescenta-se a necessidade de apresentar-se sob formas demonstráveis. Com isso, não está se afirmando a necessidade de formas racionais para explicitar os processos criativos, mas, apenas, que não é possível pensar a criatividade fora do contexto sócio-cultural-natural em que se inserem os indivíduos. De alguma forma a criatividade é manifesta, seja nas artes, na ciência ou na vida.

Se o valor de uma descoberta é uma constatação *a posteriori*, o mesmo não pode ser afirmado com relação à criatividade. Gigerenzer (BODEN *et al.*, 1999), ao questionar-se sobre a origem das novas idéias, rejeita a idéia de separação entre a descoberta e a justificação. O autor sustenta que uma série de instrumentos e medidas psicológicas criadas para mensurar a criatividade, de fato, define de antemão o próprio objeto. Ou seja, assim como a própria definição do que venha a ser a criatividade, afirmar se algo é ou não criativo necessariamente será uma constatação *a priori*, posto que a própria definição de criatividade será sempre uma categoria do pensamento humano. Esta é uma constatação inevitável já apontada pelo pensamento filosófico de Kant (1982; p. 49; p. 52; p. 59; p. 98).

Se a nossa intuição fosse de natureza a representar coisas como elas são em si, não teria lugar nenhuma intuição *a priori*, mas seria sempre empírica. [...] No entanto, esta faculdade de intuição *a priori* diz respeito, não à matéria do fenômeno, isto é, ao que nele é sensação, pois esta constitui o elemento empírico, mas apenas à sua forma, o espaço e o tempo. [...] na minha opinião, ainda mais propriedades, sim, todas as propriedades que compõem a intuição de um corpo, pertencem apenas ao seu fenômeno; com efeito, a existência da coisa que aparece não é deste modo suprimida, como no idealismo verdadeiro, mas mostra-se unicamente que não a podemos conhecer pelos sentidos como ela é em si mesma. [...] o entendimento não extrai as suas leis (*a priori*) da natureza, mas prescreve-las.

É possível afirmar, assim, mais um aspecto: a criatividade é uma constatação *a priori*, à medida que se fundamenta a partir de critérios pré-estabelecidos prescritos pelo pensamento humano acerca de fenômenos e objetos. Assim, afirmar que um invento ou inovação é criativo

não pode ser entendido como uma qualidade do objeto em si, mas como um produto de uma inteligência localizada no espaço e no tempo. Daí se pode apreender a dimensão natural e sócio-histórica da criatividade, pois ela se dá na relação entre os seres humanos e o mundo.

Se a definição de criatividade admite o uso de critérios *a priori*, seria simples admitir, por conseguinte, que este se trataria de um fenômeno previsível e mensurável. No entanto, essa constatação direta não se verifica de forma tão clara – e talvez nem seja possível. É preciso, em algum momento, indicar quais seriam os princípios ou critérios que definem a criatividade para, somente então, poder avaliar se se trata de um fenômeno como tal. Mesmo assim, admitir que a criatividade usa critérios *a priori* para qualificar um objeto ou idéia, não quer dizer que se possa prever ou antecipar o que será produzido.

Conforme apresentada anteriormente, a criatividade caracteriza-se por ser um fenômeno demonstrável, que se manifesta de alguma forma. Nesse sentido, é possível admitir uma dimensão objetiva da criatividade, na sua manifestação – em objetos e idéias. Ao mesmo tempo, admitindo o axioma “do nada não há de vir coisa alguma”, de onde vem a criatividade?

Boden (BODEN *et al.*, 1999) observa que há um problema em admitir a criatividade a partir da definição dada à palavra *criação* nos dicionários: “trazer à existência ou formar do nada”. Admitir tal possibilidade não só colocaria a criatividade além de uma compreensão científica, como seria impossível. A autora escreve que, para escapar desse problema e não cair num “obscurantismo”, alguns cientistas procuraram definir a criatividade como “combinação original de idéias conhecidas” (*Ibidem*; p. 82). A partir dessa definição, poderia se afirmar que uma nova idéia necessita ou vem associada a idéias anteriores. No entanto, apesar da definição de criatividade a partir da combinação de idéias ser bastante plausível e com vários exemplos nas artes, Boden aponta para sua insuficiência quando se depara com idéias radicalmente originais, que nunca ocorreram antes.

Boden (*Ibidem*) ressalta que, primeiramente, é preciso distinguir a criatividade no seu sentido psicológico do seu sentido histórico. Uma idéia nova para um sujeito pode ser extremamente importante e valiosa, não importa quanto outras pessoas já tenham a tido – seria a criatividade no seu sentido psicológico. Uma idéia é historicamente criativa se for psicologicamente criativa e ninguém mais a tenha tido em toda a história da humanidade (*Ibidem*; p. 82). A princípio, poderia se pensar que a autora dá ênfase à definição de criatividade no seu sentido psicológico, pois admite a possibilidade de uma idéia “radicalmente original”, ou seja, atribuída a uma só pessoa, lugar e momento.

Diante da impossibilidade de se pensar a criatividade somente a partir de sua dimensão psicológica – localizada no indivíduo e num único momento – é preciso defini-la a partir de outra dimensão: a temporal. Mesmo nos casos em que se admita a possibilidade do fenômeno “*eureka*” ter acontecido nas descobertas de alguns cientistas, esse estado de inspiração possui claros indicativos de elaborações e idéias que o antecederam e que o sustentaram, até mesmo porque existe no mínimo uma pergunta que antecede a descoberta⁶. Dessa forma, para se abordar a criatividade sob sua dimensão psicológica, é mais pertinente estudá-la a partir de *processos criativos*. Dessa forma, o estudo da criatividade incluiria sua dimensão temporal, conferindo-lhe maior abrangência, já que estaria contemplando também as dimensões históricas e sociais já apontadas anteriormente.

Porém, mesmo admitindo-se o estudo da criatividade a partir dos processos criativos, permanece a seguinte questão: a originalidade radical, no sentido de nunca ter aparecido antes, é possível? Para dar conta dessa questão, Boden (*Ibidem*) introduz a idéia da *impossibilidade* de uma idéia acontecer antes de acordo o que ela define como *espaço conceitual*. Segundo a autora, um determinado conjunto de regras gerativas pode permitir a produção de infinitas composições – como no caso da própria linguagem ou da música. Qualquer pessoa que tenha se apropriado deste conjunto de regras gerativas poderá criar frases “meramente originais”, como de fato acontece, mas que poderiam ter sido geradas por qualquer outra pessoa. Boden, como exemplos de regras gerativas, cita a gramática, um esquema de rimas para sonetos, entre outros. A partir dessas regras gerativas é possível não só identificar, por exemplo, escolas de artistas, mas também investigar *como* uma idéia surgiu – seus princípios geradores e formalizações. Segundo a autora, essas regras não são restritivas; ao contrário, tornam a criatividade possível. “Descartar-se todas as restrições seria destruir a capacidade do pensamento criativo” (*Ibidem*; p. 85). Assim, ela define a originalidade radical como uma idéia totalmente nova – não apenas improvável, mas impossível – que transforma e altera o que ela denomina de *espaço conceitual*. Uma das formas de se operar essa transformação dos espaços conceituais seria considerar o negativo, ou seja, negar, heurísticamente, as restrições estabelecidas pela estrutura desses espaços. Ela afirma, ainda, com base nos relatos das descobertas dos cientistas de alguns elementos da tabela periódica, que a exploração freqüente leva a idéias originais e, nesse sentido, a exploração conceitual é

⁶ “Eureka” em grego significa “encontrei”. É uma exclamação atribuída a Arquimedes, que, ao entrar no banho (psicina) e verificar a alteração do nível da água, descobriu que era possível calcular o volume de corpos irregulares. A expressão é geralmente empregada no sentido da descoberta científica ou a uma idéia original tida num momento inesperado.

uma forma de criatividade. Sendo assim, Boden propõe que se pense a criatividade a partir da exploração estrutural dos espaços conceituais, bem como as suas transformações. Para tanto, ela afirma que “[...] ao chamar uma idéia de criativa dever-se-ia especificar o conjunto especial de princípios gerativos em relação aos quais ela é impossível” (*Ibidem*; p. 90).

A idéia de espaço conceitual defendida por Boden não contradiz ou se opõe à idéia de se pensar a criatividade como combinação de idéias, e sim a complementa. Isto porque as regras gerativas que orientam o espaço conceitual, de certa forma, são produtos de idéias anteriores, sejam elas individuais ou sociais. Mesmo no caso da originalidade radical, para se negar um sistema de regras é necessário que as novas idéias façam parte do mesmo campo conceitual que procuram transformar. Nesse sentido, pode-se, como afirma a autora, admitir que as restrições das regras geradoras, ao invés de limitar, aparecem como condição para o processo criativo.

A idéia da transformação dos espaços conceituais de Boden se aproxima da idéia de Piaget em relação à abstração reflexionante. Isso porque os princípios gerativos (regras conceituais) apontados pela autora, que justificam ou transformam os campos conceituais, também ocorrem num nível superior, ou seja, são abstrações não empíricas, operações lógicas, heurísticas, enfim, operações mentais do sujeito. No mesmo sentido, para se pensar a criatividade no seu sentido psicológico, é preciso compreender os princípios gerativos da condição de impossibilidade do sujeito em compreender a novidade. Dessa forma, pode-se afirmar, com base na epistemologia genética de Piaget, que a superação dessa condição de impossibilidade – a adaptação do sujeito a partir do acréscimo de novas composições resultantes da coordenação de novos sistemas de esquemas – é uma das evidências mais importantes da capacidade criadora do ser humano. Sendo assim, pode-se perceber a importância da contribuição de Piaget para o entendimento da criatividade enquanto novidade para o sujeito.

Gruber (*apud* LAVERY, 1993), especialista no estudo dos processos criativos, já observava a importância central que possui a questão da novidade introduzida pela epistemologia genética de Piaget para o estudo da criatividade. Estudando cientistas renomados com obras de repercussão histórica como Charles Darwin, Gruber afirmava que a questão principal não deveria ser exatamente como tais cientistas resolviam seus problemas, mas sim de onde os problemas vinham, ou seja, as questões são tão importantes quanto e as respostas. Nesse ponto reside um dos aspectos mais cruciais do construtivismo piagetiano, sendo um dos princípios norteadores do presente trabalho e que será retomado mais adiante, no contexto da discussão sobre robótica educacional.

A partir do que foi apresentado até então, pode-se definir a criatividade a partir dos seguintes princípios ou dimensões:

- a criatividade é uma dimensão da inteligência humana, que possibilita, na relação com o mundo (natural e cultural), produzir inovações (idéias e invenções);
- a criatividade necessita ser entendida nas suas dimensões individual e social, ou, respectivamente, psicológica e histórica;
- possui uma dimensão subjetiva (processos cognitivos primários e secundários) e uma objetiva (no que se refere as suas formas demonstráveis) – a criatividade é manifesta;
- é uma constatação *a priori*, à medida que se fundamenta a partir de critérios – regras ou estruturas gerativas, espaço conceitual;
- possui uma dimensão temporal, processual, que lhe confere um caráter sócio-histórico-cultural;
- no seu sentido mais radical, a criatividade é entendida a partir da condição de impossibilidade de surgimento dentro de um campo conceitual ou de estruturas gerativas (como no caso das transformações nos paradigmas da ciência);
- na sua dimensão psicológica, a epistemologia genética procura fundamentar a criatividade a partir do surgimento da novidade para o sujeito, conferindo grande importância ao surgimento da questão ou do desequilíbrio que exige adaptação do sujeito.

Sendo assim, o estudo da criatividade pode assumir muitos caminhos, várias perspectivas, pois a própria definição do termo exige que se considerem múltiplas dimensões de entendimento. Além dessas dimensões conceituais, ainda é preciso pensar a criatividade sob a sua dimensão mais objetiva. Nesse sentido, existem muitos trabalhos que abordam a criatividade nas suas diferentes manifestações artísticas e culturais. Mas como se poderia pensar a criatividade no contexto da técnica?

2.3. Técnica e criatividade

As duas metades da natureza: Natureza ao alcance dos sentidos e do engenho – artesanato, natureza ao alcance da mão; prevalece o sentimento (predomínio das artes). Natureza ao alcance da inteligência e da ciência – tecnologia, natureza ao alcance do intelecto; prevalece o raciocínio (predomínio das ciências). Sempre coexistiram e continuarão a coexistir (questão de dosagem). (Lúcio Costa, 1970; apud COSTA, 2001)

Quando se trata do assunto criatividade, seja no senso-comum, seja nas ciências, em algum momento é trazido também algum tópico relacionado à arte. Sem entrar nas questões que envolvem o juízo estético, a criatividade, de alguma forma, sempre aparece como condição de afirmação da obra de arte. Paralelamente, arte, inovação e originalidade são termos que se associam como campos conceituais distintos, mas inter-relacionados. Da mesma forma acontece com a arte, a ciência e a técnica.

A origem da arte e da técnica possui uma relação bastante estreita. Segundo Giannetti (2006), na Antigüidade clássica eram utilizados dois termos para distinguir o que hoje se atribui ao amplo conceito de arte. *Tékne* era o termo utilizado para designar as manufaturas, e nele se incluíam a escultura e a pintura, e o que hoje se define como artesanato. A dança, a música e a poesia não se incluíam nesse conceito, sendo designadas a partir do termo *mousiké*. Assim, o primeiro dizia respeito ao que era produzido manualmente, exigia o domínio de uma técnica e ferramentas de produção. O segundo, por sua vez, era considerado uma categoria “superior”, algo de inspiração divina. Em contrapartida, não havia uma separação entre as disciplinas científicas e artísticas, e “ao mesmo campo da música pertenciam tanto à gramática, a retórica e a dialética, como a matemática e a astronomia”. (*Ibidem*; p. 19). Porém, ao longo da história, segundo a autora, estabeleceu-se um processo progressivo de diferenciação de cada um dos campos, desde a distinção entre arte e artesanato, até os dias atuais, quando a arte passa a reivindicar, através do debate sobre a estética, sua autonomia enquanto campo conceitual. Esse processo de diferenciação esteve sempre estreitamente relacionado aos desdobramentos dos acontecimentos sócio-políticos e tecnológicos. Giannetti relata que a partir do século XIX, o debate entre arte e artesanato, ou arte e tecnologia, polariza-se gradativamente, intensificando-se com o aparecimento e o uso de máquinas na arte, como a fotografia e a cinematografia. A fotografia surge como instauradora da “crise” na pintura, e era cogitado se a técnica substituiria a arte. No entanto, o novo olhar sobre o mundo que as tecnologias ópticas produziram teve uma importância muito grande para a linguagem artística.

No século XX, ainda segundo Giannetti (*Ibidem*), a aceitação desse processo, principalmente na década de 50, e a apropriação destas tecnologias por parte de alguns artistas, produziu o surgimento da arte eletrônica ou *media art*⁷. A autora afirma que essa aproximação do campo da arte e da técnica foi, ao mesmo tempo, uma aproximação da arte e da ciência. Várias teorias (Gestalt, Cibernética, fractais, entre outras) foram assimiladas por

⁷ Arte eletrônica .. Media Art .. Corrente da criação artística contemporânea que utiliza das tecnologias eletrônicas e/ou digitais (audiovisuais, computadorizadas, telemáticas). (GIANNETTI, 2006; p. 191)

vários artistas e produziu transformações nos espaços conceituais de várias escolas de arte. Gianetti (*Ibidem*; p. 21) relata:

Nos últimos anos do século XX, de acordo com Heisenberg, arte e ciência buscam a expansão, a ampliação. Ambas entendem os fenômenos ou a vida de forma não limitada a um espaço definido, mas em relação com toda a natureza e o universo. Essa tendência a ampliar as fronteiras tem outra vertente, que é a de suprimir os limites, os sistemas convencionais. Heisenberg denomina essa tendência de *Entstaltung* (oposto a *Gestaltung*, proveniente da Gestalt), quer dizer, deformação, não no sentido de desfiguração, mas de desconstrução da forma. A forma se debilita em relação ao conteúdo. Isto significa uma mudança na própria concepção de arte, assim como significou uma mudança na ciência.

Segundo a autora, assim como na ciência, para Heisenberg são os conteúdos que produzem novas formas artísticas, e não o contrário. Portanto, fazer uma nova arte e uma nova ciência, significa fazer emergir novos conteúdos, novos conceitos, e não simplesmente descobrir novas formas. Giannetti ainda explora o pensamento de Feyerabend, que segue o mesmo caminho, porém, num sentido mais radical em relação à tendência tanto da ciência quanto da arte de apresentar seus estilos e teorias como verdade. Este autor afirma que, quando se elege um estilo, uma realidade, uma forma de verdade, elege-se um produto humano. “As ciências não são instituições de uma verdade objetiva, mas artes no sentido da compreensão progressiva da arte” (FEYERABEND; apud GIANNETTI, 2006; p. 22).

A partir do que apresenta Giannetti, é possível estabelecer um paralelo entre o campo da arte e o entendimento apresentado anteriormente acerca da criatividade. Considerando que, como apontam Piaget (1981) e Boden (1999), a criatividade pode ser entendida como uma das dimensões da inteligência humana e que a qualidade do seu produto – uma idéia ou um objeto – pode ser avaliada a partir das transformações do espaço conceitual a qual pertence ou se origina, se conclui que as transformações no campo da arte e da ciência podem ser consideradas as evidências mais contundentes da criatividade humana, tanto no sentido psicológico quanto social. Além disso, o estudo do campo das artes e da técnica permite que ambas sejam entendidas no seu sentido psicológico, como fruto de atividade simbólica e conceitual.

As tecnologias digitais e da informação, como já foi mencionado, têm produzido inovações importantes em diversos campos da ciência e das artes. Apesar de a maior parte das discussões em torno da técnica e da criatividade centrar-se nos desenvolvimentos científicos mais recentes, a Antropologia tem revelado diversos vestígios da ação humana que indicam a estreita relação entre técnica e criatividade. Seria possível, assim, pensar a atividade técnica como fruto de atividade simbólica?

No caso particular do estudo dos autômatos e da cibernética, é possível analisar as relações entre técnica e atividade simbólica a partir das metáforas do mundo natural e social.

A idéia dos mecanismos autômatos pode ser evidenciada já nas invenções dos matemáticos da antiga Grécia, como Archytas, idealizador do parafuso e da roldana, e Aristóteles, que imaginou uma sociedade rodeada de mecanismos automáticos (TMTh, 2008). De fato, a idéia de “autômatos” sempre fascinou os filósofos da Antigüidade, seja através da Matemática e da Mecânica, seja na forma de uma tecnomitologia⁸ (Nascimento, 2006). Ao longo da história, é possível identificar que o interesse por mecanismos autômatos esteve relacionado tanto ao sentido de realizar tarefas e suprimir o trabalho humano, quanto ao sentido de representar organismos vivos⁹.

É possível afirmar, de certa forma, que a construção desses mecanismos automáticos serviu para testar e pôr em prática algumas teorias formuladas acerca do movimento e da mecânica. Ao mesmo tempo, servia de ensaio para a produção de novas idéias e invenções das comunidades científicas, para o comércio, para o entretenimento e, infelizmente, para a guerra. Essa evolução tecnológica representada pelas invenções é bem evidente quando se analisa o desenvolvimento das primeiras idéias computacionais, principalmente nas idéias contidas no Tear de Jacquard, em 1801, na Máquina Diferencial de Babbage, em 1822 e nas máquinas construídas por Turing, em 1936.

Quando o escritor tcheco Karel Capek, em 1921, apresentou, pela primeira vez, o termo “robot”, utilizado na sua peça teatral, revelou uma concepção ou aspiração em relação aos mecanismos autômatos já apontada na Grécia Antiga. Ao tomar o sentido da palavra “robota”, que em sua língua significa “trabalho forçado”, sintetizou a aspiração humana de ter máquinas a seu serviço. Posteriormente, a literatura, o cinema e outras artes exploraram bastante a imagem de robôs executando tarefas humanas, e, em alguns casos, tornando-se autônomos em relação a ele, capazes de se autoproduzir (auto-poiéticos).

Também é possível analisar o desenvolvimento das idéias acerca dos robôs sob o ponto de vista da relação entre ser humano, natureza e técnica. Lemos (1999) afirma:

⁸ Cf. estátua de Ammon em Tebas, os oráculos, o ser de bronze Talos, o mito de Pigmalião, os relógios hidráulicos e aos pássaros mecânicos de Héron de Alexandria.

⁹ Cf. “O Pato de Vaucason” <<http://music.calarts.edu/~sroberts/articles/DeVaucanson.duck.html>>; “O Robô de Leonardo” <<http://brunelleschi.imss.fi.it/genscheda.asp?appl=LIR&xsl=slideshow&lingua=ENG&chiave=101791>>; “O Tear de Jacquard” <<http://www.britannica.com/eb/article-9043218/Jacquard-loom>>

O fenômeno técnico é a primeira característica do fenômeno humano, já que a antropogênese coincide (de forma simbiótica) com a tecnogênese. O homem não pode ser definido, antropológica e socialmente, sem a dimensão da técnica. [...] a formação do córtex, da técnica e da linguagem estão imbricadas numa co-evolução zoológica da espécie humana. Como a técnica está presente no surgimento do homem e da linguagem, toda atividade técnica é uma atividade simbólica.

Essa relação simbiótica entre o homem e a técnica revela-se não só na transformação da natureza e do mundo, mas na transformação do próprio ser humano. Neste mesmo sentido, mas analisando sob uma perspectiva diferente, Piaget (BRINGUIER, 1978) já afirmava a relação intrínseca entre o ser humano, a natureza e a Matemática. Pare Piaget, a Matemática está na natureza, assim como o ser humano; por conseguinte, a Matemática está no próprio ser humano, e foi condição de possibilidade para que o organismo se desenvolvesse lógica e matematicamente.

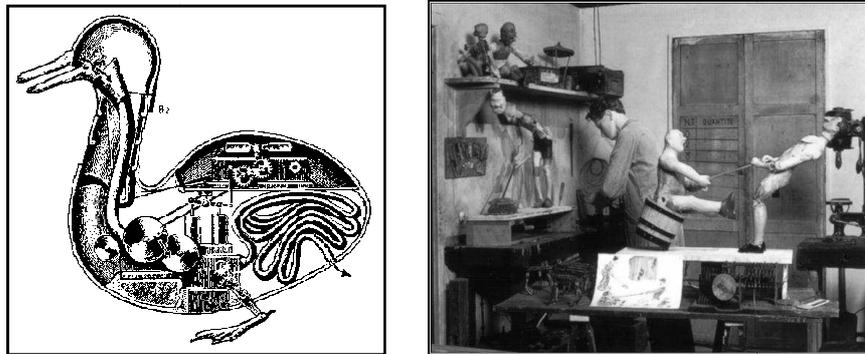


Figura 1. Pato de Vaucason e a construção de bonecos autômatos¹⁰

Lemos (*Ibidem*), com base em autores como Moscovici e Stiegler, propõe que se supere a dicotomia entre o artificial e o natural. Afirmar que a cultura emergente resulta de um processo de artificialização da natureza, no sentido de que tudo que é produzido pelo ser humano e que não pode se auto-reproduzir é artificial. Assim, produzir o artificial é uma atividade absolutamente natural como qualquer outra atividade simbólica.

Battro & Denham (2007), ao refletirem sobre uma nova “inteligência digital”, partem da premissa de que é impossível pensar genética e cultura de modo separado, e que a cultura se expressa, de fato, no cérebro humano. Segundo os autores, citando Paulesu, exemplo desse fato foi observado em técnicas recentes de imagens cerebrais, que têm encontrado diferenças importantes na ativação de neurônios de acordo com a língua materna do indivíduo, ou seja, dependendo do idioma, diferentes regiões do cérebro são ativadas – ao contrário do que se pensava que apenas uma área em específico era invariavelmente responsável pela linguagem.

¹⁰ Automates Avenue Museum, Falaise, França. <<http://www.cpod.com/monoweb/automates-avenue/>>

Afirmam, ainda, que as transformações históricas na linguagem e a sua multiplicidade podem ser apontadas como prova da extraordinária capacidade do nosso cérebro de manipulação simbólica.

Percebe-se, pelo que foi acima apresentado, que a técnica e a arte e seus respectivos campos conceituais, injetam um novo movimento e possibilitam um novo status ao saber técnico. Conceber a atividade técnica como uma atividade simbólica e superar a dicotomia entre o natural e o artificial, poderia produzir efeitos importantes no que se refere ao status do saber técnico na educação. No entanto, até o momento, a escola assimilou muito pouco dessa discussão, e suas práticas não seguem o mesmo caminho das inovações na arte, na ciência e na técnica.

2.4. Tecnologia na educação

Como já foi mencionado, o saber técnico encontra forte aceitação em relação à formação profissional, mas o mesmo não acontece quando se trata do ensino fundamental. Por trás dos discursos escolares de que a tecnologia na educação é importante, quase sempre vem a justificativa de que disso depende o “futuro profissional” dos alunos. Assim, existe uma vinculação mais direta entre tecnologia e trabalho, e isso se reflete nas propostas pedagógicas que associam o uso da informática como “ferramenta” para o trabalho (planilhas de cálculos, processadores de texto, etc.). Nesse caso, o que se tem é a tecnologia a serviço da informação – TI – e não a serviço da criatividade (RESNICK, 2006).

Pelas próprias definições apresentadas, tanto com relação à criatividade quanto em relação à técnica, fica evidente porque estes tópicos encontram pouco espaço de exploração nas escolas. A maior parte do que se procura ensinar nas instituições escolares é apresentado a partir da perspectiva da transmissão do conhecimento, ao invés de sua construção. O conhecimento é tratado como dado ou informação, e aparece sob suas formas estáticas, prontas, na expectativa que os campos conceituais (as regras gerativas, como apontou Boden) sejam assimilados em bloco, com muito pouco ou quase nada de exploração por parte dos alunos. Quase não há espaço para a busca, pois o conhecimento, enquanto dado, jamais toma a forma de novidade. Se não há espaço para a dúvida, e o erro serve apenas de medida para o fracasso, como é possível que haja espaço para a criatividade? Se a criatividade é uma das dimensões da inteligência humana – a criança em desenvolvimento não deixa dúvidas a esse

respeito – o que faz com que os jovens se desinteressem pela escola? Será que esse desinteresse se verifica com relação à aprendizagem em geral?

O uso da informática na educação já vem sendo experimentado faz algum tempo. Os primeiros registros de experiências do computador na educação datam de 1955, sendo usado para a resolução de problemas em cursos de pós-graduação. Em 1958, foi utilizado como “máquina de ensinar”, no Centro de Pesquisa Watson da IBM na Universidade de Illinois. Nesta época, a tentativa era de simular a máquina idealizada por Skinner, cuja tarefa principal era armazenar e transmitir informações ao aprendiz. Desde então, as pesquisas na área da educação e o desenvolvimento tecnológico produziram uma diversidade de aplicações para o computador na esfera educacional. Basicamente, o seu uso tem se diferenciado a partir de duas situações. Numa o computador serve como um tutor, ou seja, a aprendizagem é auxiliada por ele (tutoriais), conduzindo e instruindo o aprendiz a partir de objetivos e conteúdos pré-determinados. Noutra, o computador é usado para construção do conhecimento, seja através da resolução de problemas, da programação, da produção de apresentações multimídia, da interação com outras pessoas.

Somente na década de 80, com a invenção do microcomputador, lançado pela Apple, os CAIs (Computer Assisted Instruction) ganharam força nos EUA. No início da década de 90, a proliferação dos microcomputadores permitiu o uso do computador em todos os níveis da educação americana, principalmente para ensinar conceitos de informática e para a “automação da instrução” através de softwares do tipo tutoriais, com exercício-e-prática, simulações simples, jogos e livros animados. A utilização dos computadores segundo esta perspectiva foi questionada, principalmente em termos de custo-benefício, pois a maior parte do que se tinha era a digitalização e automatização de roteiros de estudo e livros didáticos, e quase todos não levavam em consideração aspectos sócio-educacionais, além de minimizar e simplificar o papel do educador. Ao invés de transformação, o que se tem percebido é que, na maior parte dos lugares onde se utiliza a tecnologia na educação, a “novidade” vem para reforçar abordagens educacionais ultrapassadas (RESNICK, 2006).

No âmbito da escola brasileira tem-se como marco de referência a visita de Papert e Minsk do Massachusetts Institute of Technology – MIT – em 1975 e 1976, trazendo os resultados de suas pesquisas sobre a atividade de crianças no computador, em investigações envolvendo a programação em LOGO. Em outubro de 1984, um convênio entre MEC, UNICAMP, UFRGS, UFRJ E UFPE criou-se o Projeto EDUCOM, dando início à entrada do computador nas escolas em maior escala. Várias pesquisas foram desenvolvidas a partir do estudo da atividade das crianças com a linguagem LOGO e com o suporte da Epistemologia

Genética de Piaget. Especificamente em Porto Alegre, o Laboratório de Estudos Cognitivos (LEC/UFRGS) reuniu, sob orientação da Profa. Léa Fagundes, uma equipe multidisciplinar de pesquisadores, desenvolvendo trabalhos de pesquisa¹¹ principalmente nas áreas de alfabetização, artes e matemática, com crianças em classes regulares e com histórico de repetência ou dificuldades de aprendizagem da escrita (FAGUNDES et al., 1992; FAGUNDES, 1999). Várias escolas dos estados participantes do projeto EDUCOM receberam computadores da linha MSX (Hot Bit e Expert) equipados com a linguagem LOGO e BASIC, cujos projetos foram direcionados mais extensivamente às turmas de alunos de 1ª a 5ª série. Os resultados das pesquisas durante esse projeto forneceram importantes subsídios teóricos que servem de referência até hoje no que se refere ao entendimento da informática na educação com base na Epistemologia Genética (FAGUNDES et al., 1992; FAGUNDES, 1999).

No início da década de 90, antes do surgimento da Internet, o LEC/UFRGS, com o apoio do EDUCOM, CNPq, FAPERGS e OEA, e em parceria com a SEC/RS e as universidades UFSC, UFRJ e UFPR, implantou em 7 escolas do Estado (Caxias do Sul, São Leopoldo, Novo Hamburgo e Porto Alegre) um sistema de comunicação de dados por radioamador (packet-radio), criando a rede Ednet e o gateway AMPR/RS¹². Essa tecnologia possibilitou que estudantes de diferentes escolas pudessem conversar, à distância, na forma de texto. Além da conversação em tempo real, era possível o acesso ao sistema de boletim (BBS) que funcionava como uma espécie de jornal que integrava informações de diversas redes de BBSs nacionais e internacionais. Foram as primeiras experiências envolvendo interação à distância de estudantes nas escolas, bem como de alunos surdos.

Ainda nessa época, deu-se início aos primeiros experimentos no LEC com o uso de conjuntos LEGO[®] para robótica – o LEGO[®] TC-LOGO, cujo material permitiu o desenvolvimento de projetos na área com professores e jovens (LOPES & FAGUNDES, 1995; PETRY, 1996)¹³.

Em 1997 foi criado o Programa Nacional de Informática na Educação (PROINFO), vinculado à Secretaria de Educação a Distância do MEC, que passou a divulgar e fomentar trabalhos de diversas instituições brasileiras, além de criar nos estados os NTEs (Núcleos de

¹¹ <http://www.psico.ufrgs.br/lec_old/pesquisas/teses/teses.html>, <http://www.psico.ufrgs.br/lec_old/pesquisas/artigos.html>

¹² AMPR/RS - <<http://www.psico.ufrgs.br/ham/>>

¹³ Projeto de robótica com LEGO-LOGO e alunos surdos <http://www.psico.ufrgs.br/lec_old/repositorio/robosurd/intro.html>

Tecnologia Educacional). Estes, por sua vez, eram responsáveis por formar e prestar suporte aos professores das escolas públicas estaduais, bem como gerenciar a distribuição dos recursos tecnológicos que atenderiam as demandas dos projetos das escolas. Esta fase do projeto, além de contar com uma nova geração de computadores, investiu-se mais na formação de professores. Coincidiu com o início da popularização da Internet, que passou a focalizar os investimentos em relação à pesquisa e formação continuada em EAD.

[...] como os computadores podem ajudar na formação de novas relações com o conhecimento de maneira a atravessar as tradicionais barreiras que separam a ciência dos seres humanos e esses do conhecimento que cada indivíduo tem de si mesmo? (PAPERT, 1985; p. 17)

As pesquisas acadêmicas envolvendo a atividade de estudantes e professores com a linguagem LOGO em escolas públicas possibilitaram criar um referencial teórico com base na Epistemologia Genética (EG) de Piaget para o uso do computador na Escola (PAPERT, 1985; PAPERT, 1994; Fagundes, 1999). Estas pesquisas sustentam a idéia de que o computador serve mais aos propósitos da aprendizagem quando possibilita a atividade do sujeito, seja a partir de operações lógicas, seja na inter-relação com outras pessoas. Assim, estes estudos sugerem que se marque uma distinção entre o uso do computador na educação e no trabalho. No que se refere às aplicações do computador na escola, ao invés de se conceber o computador a partir da minimização do esforço humano pertinente às rotinas do trabalho, deve-se tomar o computador como instrumento de aprendizagem e, portanto, ser concebido como recurso para pensar e agir sobre, produzindo inovação e conhecimento.

Nesse contexto de inovação tecnológica, a robótica tem chamado a atenção. Desde o surgimento das tecnologias digitais, o uso de computadores e robôs ganhou grande impulso, principalmente na indústria. Por esse mesmo motivo, a robótica também tem sido associada ao campo do trabalho e da minimização do esforço humano. Mas, como se poderia pensar a robótica no contexto educacional?

A fim de se pensar a robótica como uma tecnologia aplicável no contexto educacional, é preciso que se entenda o potencial que projetos dessa natureza possuem no que se refere à aprendizagem em geral, e não apenas a aprendizagem específica – como na indústria. Nesse sentido, apresentaremos a seguir alguns pressupostos teóricos com o objetivo de discutir a questão do uso da tecnologia na educação, tendo como foco principal a robótica educacional e o computador.

3. A ROBÓTICA EDUCACIONAL

Dentre os diversos recursos tecnológicos aplicados à educação, pode-se dizer que a robótica tem sido uma das que mais tem avançado em termos de inovações. No entanto, apesar destes avanços, apenas uma ínfima parcela das instituições educacionais têm se apropriado destes recursos. Com isto, a maior parte do que está sendo produzido em termos de referencial teórico-metodológico não chega ao conhecimento de professores e alunos.

Além disso, muitas inovações político-pedagógicas e recursos tecnológicos que têm sido discutidos e produzidos nos meios acadêmicos e nas próprias escolas ainda não foram efetivamente colocados em prática, e, em alguns casos, têm sido implementadas de forma isolada, sem tirar melhor proveito de suas potencialidades. Os projetos na área de robótica podem servir de exemplo para estas práticas isoladas, pois tais projetos são muitas vezes compreendidos como matéria de formação técnica, aplicável apenas no ensino profissionalizante de níveis médio ou superior, e não articuláveis com os projetos desenvolvidos na educação de nível fundamental. Por outro lado, a robótica ainda é vista por muitas pessoas e educadores apenas como um passatempo ou um brinquedo sofisticado que reúne alguns fanáticos, *nerds* ou *hackers* ao redor de campeonatos nos quais colocam à prova seus robôs e suas estratégias. Em ambos os casos, a robótica assume um caráter inacessível, seja pelo seu alto custo, seja pela sua complexidade tecnológica.

Porém, o interesse pela robótica vem deixando de estar restrito ao contexto das faculdades – engenharias e mecatrônica – e da indústria. O interesse pelo assunto vem crescendo, a ponto de despertar a atenção do Estado, que voltou a investir e incentivar mais a educação tecnológica. No entanto, são poucas as instituições educacionais de ensino básico que tratam de incluir tópicos relacionados à educação tecnológica nos seus currículos. As iniciativas mais contundentes ainda estão limitadas ao contexto do ensino técnico e profissionalizante. Apesar disso, é comum encontrar educadores da educação básica interessados em explorar esse campo de possibilidades. Influenciados por iniciativas de pesquisadores e projetos piloto de robótica nas escolas, pelo cinema e pela mídia, ou por afinidade com a tecnologia, professores e estudantes mobilizam-se na realização de tais projetos. Construir, programar e depurar protótipos aparece como atividade motivadora da aprendizagem e que favorece os processos de abstração pelos sujeitos (D'ABREU, 1993; LOPES & FAGUNDES, 1995; PETRY, 1996; LOPES & FAGUNDES, 2006; LOPES,

FAGUNDES & BIAZUS, 2008) bem como proporciona atividades criativas (RESNICK, BERG & EISENBERG, 2000; RESNICK, 2006). Apesar de ser frequentemente associada a estes dois contextos – faculdades e indústria – a robótica tem sua origem na idéia dos autômatos apresentada anteriormente (Cap. 2).

Também foi apresentado que atividade técnica pode ser compreendida a partir da perspectiva da atividade simbólica, como metáforas de representação da realidade. Sendo assim, é possível pensar na importância que tais atividades adquirem no contexto da educação. Ao invés de se pensar a técnica apenas sob o ponto de vista profissionalizante, a técnica, ou as tecnologias, poderiam estar no centro das atividades escolares. O próprio PCN¹⁴ já inclui nas grandes áreas do conhecimento o termo “(...) e suas tecnologias”. Porém, ainda há pouco entendimento sobre como a tecnologia pode ser abordada no contexto da escola básica. E a que se deveria tal problema?

3.1. O design em robótica educacional

O rabisco não é nada, o risco – o traço – é tudo. O risco tem carga, é desenho com uma determinada intenção – é o design. [...] Trêmulo ou firme, esta carga é o que importa. [...] Risco é desenho não só quando quer compreender ou significar, mas “fazer”, construir. (Lucio Costa, Registro de uma vivência, 1986-94; COSTA, 2001)

Tradicionalmente a escola básica tem tratado o conhecimento como matéria acabada e final. O que é ensinado na escola não admite as insuficiências e brechas inerentes ao saber científico. Não há espaço para a dúvida, o que dirá para a corroboração de uma hipótese. Os próprios laboratórios de ciências, que introduzem uma série de instrumentos e ferramentas que suscitariam a curiosidade pela experiência, na verdade, resumem-se à demonstração de fenômenos. Na experiência "passo a passo" não há caminhos possíveis, não há design, mas um roteiro a ser seguido, perguntas que precisam ser respondidas – geralmente formuladas pelo professor. Nesses casos, conhecimento e técnica se locupletam sem espaço para a invenção.

Utilizando-se das tecnologias dos microprocessadores e *feedback* de sensores, Mitchel Resnick (*Ibidem*) demonstrou através de alguns estudos de caso como a atividade de experimentação, de design e de construção de instrumentos de observação e de mensuração proporciona aos estudantes um entendimento melhor sobre o processo de construção do saber científico. Ao mesmo tempo, tais atividades possibilitam aos estudantes se apropriar de

¹⁴ Cf. Orientações Educacionais Complementares aos PCN <http://portal.mec.gov.br/seb/index.php?option=com_content&task=view&id=93>

noções estéticas inerentes à construção dos instrumentos da ciência.¹⁵ Porém, no caso da robótica educacional, ainda é comum encontrar propostas de desenvolvimento de projetos em atividades que se resumem à montagem de modelos que, dependendo do nível de exploração dos protótipos por parte dos sujeitos, mais se assemelham a um quebra-cabeça tridimensional. E qual seria a alternativa a este tipo de projeto?

Em termos gerais, a robótica educacional (RE) pode ser compreendida como um conjunto de recursos que visa o aprendizado científico e tecnológico integrado às demais áreas do conhecimento, utilizando-se de atividades como design, construção e programação de robôs. Diferencia-se do aprendizado técnico em robótica no sentido de não priorizar o domínio dos instrumentos e códigos de programação em função de uma demanda profissionalizante, demanda esta que normalmente utiliza-se de ferramentas específicas para uma produção de artefatos em larga escala ou industriais. Distingue-se, ainda, da pesquisa em robótica, que, dentre outros, visa o desenvolvimento de sistemas de automação ou de inteligência artificial. Ao invés disso, o que se propõe é que a RE tenha como foco principal promover o design e a invenção de protótipos que satisfaçam uma demanda específica, localizada e identificada com as demandas particulares de aprendizagem de jovens e adultos.

Além da atividade de design, os projetos em robótica educacional encontram nas estratégias de resolução de problemas um elemento complementar e necessário: a atividade de análise. Enquanto a atividade de análise envolve a decomposição de problemas em subproblemas mais simples, geralmente com o suporte de algum conjunto de regras formalizadas, a atividade de design cria e define, na concepção do que será produzido, a ordem e a natureza do problema. Porém, na atividade de design os problemas geralmente estão pouco estruturados, já que é parte da tarefa do designer ir definindo seus próprios problemas à medida que seu projeto é desenhado. Com isso, ao invés de buscar soluções otimizadas, os designers geralmente buscam soluções satisfatórias. (SIMON; apud RESNICK & OCKO, 1991)

Para Resnick e Ocko (1991), o design desempenha um papel central na atividade humana e, portanto, na educação. Porém, para muitos educadores, a natureza pouco estruturada das atividades de design as torna inapropriadas para uma sala de aula, pois são difíceis de gerenciar e avaliar. Disso resulta que raramente os estudantes têm a oportunidade de construir, criar ou inventar. Da mesma forma, se a robótica educacional for concebida apenas como um recurso para a análise de “situações-problema” a partir de experiências pré-

¹⁵ Cf. Lifelong Kindergarten <<http://llk.media.mit.edu/projects.php>> e Future of Learning Group <<http://learning.media.mit.edu/projects.html>>

determinadas e controladas, poderá se tornar num aparato tecnológico pouco instigador e limitado, já que as "situações-problema" irão sempre depender da criatividade e capacidade de entendimento de quem propõe os problemas. Com o objetivo de dar conta de um ensino massificado, que geralmente lida com grandes escalas (sala de aula, escolas e comunidades), existe uma tendência nas escolas de se fazer uso de roteiros dirigidos e materiais instrucionais padronizados que ofereçam maior controle dos resultados esperados em termos das aprendizagens dos conteúdos.

E como seria uma metodologia de trabalho nas escolas que pudesse promover o design e a invenção e, ao mesmo tempo, superar o desafio da avaliação da aprendizagem em sala de aula, que geralmente lida com grandes escalas em termos de números de alunos?

Para tratar dessa questão, é preciso, num primeiro momento, apresentar alguns dos princípios norteadores do construtivismo a fim de fundamentar esta e outras questões que estão sendo apresentadas ao longo deste trabalho.

3.2. Robótica e Construtivismo

Existem muitas possibilidades com relação aos recursos tecnológicos para explorar o desenvolvimento de projetos de robótica nas escolas. Da mesma forma, existem muitas experiências interessantes de projetos acontecendo ao redor do mundo. A maioria se concentra nas universidades e escolas técnicas, ou direcionam seus projetos formando equipes para competições nacionais e internacionais¹⁶. Nesses casos, a finalidade é a aprendizagem da própria robótica, e a técnica é aplicada no campo específico da STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Também existem projetos que procuram inserir a robótica num contexto científico e educacional que possa envolver outras disciplinas, como a Arte e a História, ampliando o campo da STEM¹⁷. Em ambos os casos, tais projetos e experiências têm como foco proporcionar atividades criativas que provoquem uma reflexão sobre o processo de construção do saber científico, a cultura e a sociedade, e a robótica servindo como instrumento de investigação e transformação do mundo (ACKERMANN, 2004; CAVALLO *et al.*, 2004; CAVALLO, 2004). A diferença básica entre tais projetos está nos seus objetivos. Enquanto que, no primeiro caso, se orienta para o próprio saber técnico, no outro, orienta-se

¹⁶ Ex.: Wiscosin Institute for Robotics in Education <<http://www.wirobotics.org/>>;

¹⁷ O grupo de pesquisa Future of Learning at Media Lab/MIT <<http://learning.media.mit.edu/projects.html>> possui uma série de linhas de pesquisa e publicações envolvendo ciência, tecnologia e educação orientadas por Seymour Papert.

para a adequação do saber técnico em relação a uma determinada realidade – social, natural, industrial.

Atualmente, existem muitos casos de campeonatos de robôs que procuram abordar, de forma simulada, ambos os contextos, incluindo desafios envolvendo, por exemplo, questões ambientais e de saúde. O que pode realmente se diferenciar em relação aos projetos de robótica em ambos os campos (educação tecnológica e educação básica) é a concepção ou abordagem epistemológica adotada.

No contexto da escola, como foi mencionado anteriormente, existe muitos relatos nos quais a utilização do computador não tem provocado nenhuma inovação em relação à atividade pedagógica. Assim, pode se esperar o mesmo em relação à robótica ou qualquer outra tecnologia. Dessa forma, tendo como premissa básica que o construtivismo se opõe às pedagogias que se baseiam nos princípios de transmissão dos conhecimentos, é fundamental discutir sobre alguns parâmetros que definam o que seria uma robótica educacional construtivista (PIAGET) e construcionista (PAPERT).

3.2.1. O construtivismo

A idéia geral de construtivismo na escola, na sala de aula, é uma idéia equivocada do “*laissez faire*” (deixar fazer), sem limites e uma liberdade total para os alunos. Mas não se trata disso, pois é uma idéia muito mais complexa e séria.

No desenvolvimento de sua Epistemologia Genética (EG), Piaget apresenta um estudo continuado e experimental sobre como o ser humano pensa, como desenvolve a sua inteligência e como aprende. Neste sentido, Piaget se deteve no estudo de matéria fundamental para qualquer professor. Não se pode estar numa sala de aula educando se não se tem uma idéia de como o ser humano aprende. A própria palavra pedagogia é definida como a arte de ensinar. Nos cursos de formação abordam-se exaustivamente as técnicas de ensino, metodologias de ensino, tecnologias de ensino, e muito pouco, nas disciplinas de Psicologia, as teorias da aprendizagem. Esgotam-se as teorias do ensino e não se aprofundam as da aprendizagem.

Piaget, um biólogo, fez uma longa construção teórica em epistemologia. Apesar de se auto-afirmar como um construtivista, ele dizia que era acusado pelos seus colegas de ser empiricista e comportamentalista, os quais justificavam sua acusação afirmando que ele dava demasiada importância aos objetos na aprendizagem. No entanto, Piaget sempre afirmou que

não colocava ênfase sobre os objetos, mas sim na ação do sujeito sobre os objetos. Era um sistema de novas concepções que surgiu e que até hoje ainda não foi bem entendido.

Esta ênfase de Piaget na ação do sujeito sobre os objetos revelou para ele um tipo de pensamento que até então fora negligenciado pela educação: o pensamento das operações concretas. O pensamento abstrato (como nas teorias e epistemologias) sempre foi tomado como o ápice do desenvolvimento humano. O senso comum, por sua vez, tratou de colocá-lo em oposição ao pensamento concreto revelado por Piaget. Este equívoco se deve a um erro de compreensão acerca do que Piaget definiu por pensamento concreto.

Este concreto não pode ser confundido com a realidade objetiva, do mundo das coisas e objetos materiais, como uma caneta ou um livro. O pensamento concreto é o pensamento **SOBRE** o concreto. Neste sentido, então, Piaget não afirmava que a informação era extraída do simples contato físico com os objetos, isto é, as informações não entram pelos sentidos da mesma forma como estímulos que provocam ações reflexas, automáticas. Ao contrário, o pensamento concreto é sempre assimilação do mundo dos objetos na forma de pensamento, e tem por fundamento a ação do sujeito. O pensamento concreto, assim, também é uma abstração, uma forma de representar a realidade com o suporte nas ações do sujeito e indissociada dos objetos.

Por outro lado, outro equívoco comum que Piaget apontava estava no entendimento que se fazia do termo Epistemologia Genética (Piaget, 1978). Muitos de seus opositores tomaram o termo genética no sentido biológico de “genes” – patrimônio genético – ao invés do sentido de “gênese” – origem. Tal equívoco levou-os a qualificá-lo como inatista, posição segundo a qual o desenvolvimento da inteligência já estaria pré-determinado segundo invariantes biológicos e hereditários. Porém, segundo suas próprias palavras, ele não se designava nem como idealista, nem como inatista e nem como empiricista, mas sim como interacionista e construtivista.

Ele fundamentou suas posições teóricas em longas e laboriosas pesquisas que revelavam que os processos de adaptação que foram capazes de sustentar a vida e o desenvolvimento humano sempre dependeram das interações entre o sujeito e o mundo (PIAGET, 1987), seja este natural ou social. A partir destas interações do sujeito com os objetos, e através dos órgãos dos sentidos, o ser humano organiza seu pensamento na forma de esquemas, estruturas cognitivas capazes de reter as aprendizagens. Estes esquemas organizam as representações parciais (partes), ao passo que as suas composições na forma de sistemas de esquemas organizam as representações totais (todo), permitindo ao ser humano elaborar formas generalizáveis de compreender o mundo.

Assim, o construtivismo ao qual Piaget se refere é uma posição filosófica segundo a qual o conhecimento não se dá a partir de um simples contato com o meio e nem está predeterminado no indivíduo, de forma inata. Para o construtivismo, o conhecimento e a aprendizagem são frutos das constantes interações e trocas entre o indivíduo e o meio (PIAGET; BRINGUIER, 1978). É importante ressaltar que o termo interação deve levar em consideração as trocas entre os indivíduos e as coisas e entre os próprios indivíduos, ou seja, as interações sociais.

3.2.2. O construcionismo de Papert

Uma das riquezas da teoria de Piaget, gerada no Centro de Epistemologia Genética, está no seu caráter interdisciplinar. Piaget trabalhava com pesquisadores de todas as áreas, o que enriqueceu e complexificou sua teoria. Ela propôs uma virada tão radical nos paradigmas tradicionais da educação que até hoje não pode ser implementada efetivamente nos sistemas de ensino. Nos próprios cursos de formação de professores, muitas vezes sua teoria é apresentada de forma deturpada ou simplificada ao extremo, a ponto de Piaget ser visto apenas como o teórico da educação que estipulou as fases do desenvolvimento da criança. Esta visão parcial da teoria de Piaget até hoje é usada para instrumentos de diagnóstico que se propõem a medir a inteligência, esquadrinhando e estereotipando o seu desenvolvimento. Mas Piaget iniciou seus estudos criticando os testes de inteligência largamente aplicados às crianças entre as décadas de 50 e 70. Conhecer pouco da teoria de Piaget pode ser mais prejudicial do que não conhecê-la, pois um entendimento equivocado pode dar margens a práticas educacionais que em nada se aproximam do construtivismo, contribuindo negativamente para sua aplicação e aceitação nos sistemas de ensino.

Papert, um matemático nascido na África do Sul, estudou por aproximadamente 5 anos diretamente com Piaget, convidado por ele para integrar o Centro Internacional de Epistemologia Genética na Universidade de Genebra. Como educador, Papert (PAPERT, 1985) alertou que na escola o conhecimento ainda é tratado como algo que precisa ser transmitido e, para isso, bastariam os órgãos dos sentidos, sem levar em consideração a ação do aluno.

No livro "LOGO: computadores e educação", Papert (*Ibidem*) nos relata algumas de suas mais valiosas concepções acerca do construtivismo e sua relação com a tecnologia. Ele conta que antes dos dois anos de idade já se interessava por automóveis, das suas partes em funcionamento. Deste interesse, um era especial para ele: as engrenagens. Observá-las

girando e interagindo, combinando tamanhos e contando o número de dentes que elas possuíam, levou-o desde criança a adquirir um gosto e uma habilidade com a matemática.

Seymour Papert foi criador do LOGO. Tornou-se pesquisador e docente no Media Lab do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), E.U.A. Nascido e educado na África do Sul, trabalhou com Jean Piaget na Universidade de Genebra de 1958-1963. Em suas reflexões, afirma que os esquemas das engrenagens fizeram com que o conhecimento matemático fosse totalmente relevante para ele. Papert diz que estes esquemas fizeram mais, pois tais assimilações fizeram com que a matemática tivesse, para ele, “um caráter afetivo que remonta às experiências com carros durante a minha infância”. (PAPERT, 1985; p. 12)

Ele considerava um conhecimento simples o que muita gente achava complexo, da mesma forma que outros conhecimentos para ele pareciam complexos e para outras pessoas pareciam simples. Assim, para Papert, “qualquer coisa é simples se a pessoa consegue incorporá-la ao seu arsenal de modelos; caso contrário tudo pode ser extremamente difícil”. (*Ibidem*; p. 13). Ele acrescenta:

O que um indivíduo pode aprender e como ele aprende isso depende dos modelos que tem disponível. Isso impõe, recursivamente, a questão de como ele aprendeu esses modelos. Assim, as ‘leis da aprendizagem’ devem estar em como as estruturas intelectuais se desenvolvem a partir de outras e em como, nesse processo, adquirem as formas lógica e emocional.

Pode-se afirmar que Papert, em sua preocupação com o afetivo, procurou ir além de Piaget no sentido de procurar os elementos da aprendizagem que vão além da cognição. Os trabalhos de Piaget deram sentido para as engrenagens da infância de Papert, mas este sentido vai além do conhecimento matemático formal, estende-se para o corporal. “Você pode ser a engrenagem, você pode entender como ela se movimenta projetando seu próprio corpo em seu lugar e girando com ela. E essa dupla relação – tanto abstrata quanto sensorial – é que dá à engrenagem o poder de suscitar inúmeras idéias matemáticas na mente”. (*Ibidem*; p. 14)

No entanto, Papert não acredita que a sua experiência com engrenagens possa ser simplesmente transmitida para outras crianças, isto seria reduzi-la a termos cognitivos. Aconteceu com Papert porque ele “se apaixonou por engrenagens”. (*Ibidem*; p. 14)

Para Papert, assim como para Piaget, as crianças são “aprendizes inatos”, porque constroem suas próprias estruturas intelectuais. Bem antes de irem à escola, elas já apresentam uma vasta gama de conhecimentos. Estes conhecimentos, que Papert chama de “aprendizagem piagetiana” ou “aprendizagem sem ensino” no seu sentido formal, ocorrem espontaneamente (ex.: falar, andar, noção de espaço geométrico).

Por que outros tipos de aprendizagem podem acontecer tão mais tarde ou jamais acontecerem sem que a criança seja submetida a uma situação de aprendizagem formal?

Para Papert, se a criança for olhada como um “construtor” se estará no caminho certo. Todos os construtores necessitam materiais para suas obras. Neste sentido, a riqueza ou pobreza do meio cultural em que a criança vive, fornecendo materiais em abundância ou não, pode interferir no aprendizado. Porém, a abundância de materiais não é suficiente, pois os materiais podem ser oferecidos e o seu uso estar bloqueado. No caso da matemática formal há tanto uma falta de materiais quanto um bloqueio cultural, ao que Papert chama de “matofobia”. Essa fobia é percebida no momento que as pessoas resolvem problemas matemáticos sem dificuldades quando não reconhecem se tratar de conhecimento matemático. Essa “matofobia” estende-se para outras áreas do conhecimento e das artes, obstruindo as aprendizagens e rotulando alguns indivíduos como inaptos ou incapazes, e outros como gênios.

Geralmente, os estudos sobre “educação” remetem à palavra “ensino”, principalmente de sala de aula, e muitos desses estudos são realizados no sentido de aperfeiçoar métodos de ensino. No entanto, Papert propõe que se pense num modelo de aprendizagem bem-sucedida a partir do mesmo modo como a criança aprende a falar, sem ensino deliberado e organizado – o objetivo a ser atingido será bem diferente.

Apesar de a tecnologia estar fortemente presente nos estudos de Papert, o seu foco não é a máquina, mas sim a mente e, particularmente, a forma em que movimentos intelectuais e culturais se autodefinem e crescem. Ele utiliza-se de uma metáfora biológica ao atribuir ao computador o papel de portador de “germes” ou “sementes” culturais, cujos produtos intelectuais não precisarão de apoio tecnológico, pois terão sido apropriados pelas pessoas.

Muitas das crianças que se interessam pela matemática foram “contagiadas” pelos “germes” da “matecultura” dos adultos que sabiam “falar” matemática. Ele exemplifica que qualquer criança tem facilidade de aprender a falar francês se nasce na França. A carência de pessoas que “falassem” bem a matemática para algumas crianças coloca-as numa situação de carência de elementos básicos da lógica matemática que lhe ajudariam a aprender a matemática que verão na escola. As dificuldades que daí advém, estas lacunas, acabam por gerar muita resistência, sentimentos negativos contra a matemática e talvez contra a aprendizagem em geral. Quando forem pais, seguindo a metáfora biológica de Papert, estas mesmas crianças passarão os mesmos “germes” intelectualmente destrutivos da “matofobia”.

O construcionismo proposto por Papert compartilha da visão proposta pelo construtivismo de Piaget – de aprendizagem a partir da construção de estruturas do

conhecimento através da internalização das ações. Papert acrescenta, então, a idéia de que isso acontece especialmente e felizmente num contexto no qual o aprendiz está conscientemente engajado em construir uma entidade pública, seja um castelo de areia numa praia ou uma teoria sobre o universo. Papert apresenta o termo *construcionismo* para salientar sua oposição ao *instrucionismo*, que ele aponta como o paradigma geral dos sistemas de ensino nas escolas.

A perspectiva de Papert ajuda a entender como as idéias se formam e se transformam quando expressadas através de diferentes meios, quando atualizadas em contextos particulares, quando levadas a cabo pela mente dos indivíduos. A ênfase passa das aprendizagens universais para as individuais, com suas próprias representações, artefatos, ou objetos-para-pensar-com (*things-to-think-with*).

Papert centra seus trabalhos na idéia de que projetar e desenhar (*design*) são formas de expor pensamentos e sentimentos, chaves para a aprendizagem. A aprendizagem se dá mais efetivamente na construção pessoal de artefatos significativos (como programas de computador, animações ou robôs). Para Papert, o conhecimento, mesmo em adultos experientes, está essencialmente fundamentado nos contextos e modelado pelos seus usos, e o uso de suportes externos e as mediações são, na sua concepção, fundamentais para expandir os potenciais da mente humana – em qualquer nível do seu desenvolvimento.

A partir do que foi apresentado em relação ao construtivismo e ao construcionismo, pode-se perceber a importância que a atividade de *design* adquire no contexto dos projetos de RE. Ao mesmo tempo, pelo que foi apresentado em relação à criatividade, estudar o *design* no contexto da atividade técnica torna-se fundamental para a compreensão dos processos que dão origem às novas idéias – a inovação para o sujeito. Ao mesmo tempo, Papert fala da importância de colocar à disposição do sujeito novos modelos que possam ser assimilados por ele. Mas e como se daria esse processo de assimilação de novos modelos? Quais as condições de necessidade para que isso ocorra?

É quase unanimidade entre os educadores e epistemólogos a importância de se disponibilizar para os sujeitos um ambiente rico em novidades e ferramentas no sentido de favorecer as aprendizagens e a criatividade. Felizmente, vários recursos tecnológicos têm sido produzidos a partir dos princípios da robótica e que tornam esse campo mais acessível às crianças em idade escolar.

3.3. Recursos tecnológicos para o desenvolvimento de projetos em RE

Desde que Resnick e seus colegas do Media Lab, sob orientação de Seymour Papert, desenvolveram, no Massachusetts Institute of Technology (MIT), a interface LEGO[®] TLogo (Resnick & Ocko, 1991), posteriormente, os “tijolos programáveis” (Resnick, Martin, Sargent e Silverman, 1996) e, mais tarde, a criação de sua versão comercial pela divisão educacional da LEGO[®], a atividade de design e a de programação de robôs têm deixado de ser matéria exclusiva das faculdades de informática, engenharia mecânica e mecatrônica. A facilidade de montagem e programação dos robôs, os conjuntos de peças articuláveis e as interfaces intuitivas de programação podem ser apontados como fatores que hoje colocam a robótica num campo acessível aos propósitos educacionais.

Convém acrescentar que uma grande parte desse desenvolvimento tecnológico do Media Lab veio acompanhado de um referencial teórico consistente, através dos pressupostos construcionistas de Papert (PAPERT, 1994; ACKERMANN, 2001). Como já apresentado anteriormente, a partir da Epistemologia Genética, Papert propõe que a aprendizagem se dá mais efetivamente na construção pessoal de artefatos significativos (como programas de computador, animações ou robôs). Esta efetividade da aprendizagem na construção de robôs foi comprovada em vários estudos, como os do Media Lab (RESNICK & OCKO, 1991; HANCOCK, 2001), do Laboratório de Estudos Cognitivos/IP/UFRGS (LOPES & FAGUNDES, 1995), do NIED/UNICAMP (D’ABREU, 1993), entre outros. Estes estudos comprovaram que a atividade de programação, de design e de depuração de protótipos permite ao sujeito enriquecer seus esquemas de significação com novos esquemas de representação lógico-matemáticos, lingüísticos e estéticos, elementos essenciais da aprendizagem.

Porém, o custo das versões comerciais de tais conjuntos ainda pode ser apontado como um dos fatores que dificulta a disseminação desta tecnologia nas redes de ensino, principalmente no momento em que se pensa na dimensão do atendimento de toda uma rede de escolas. Apesar disso, na implantação de projetos de robótica educacional não se pode levar em conta apenas a questão dos custos. Atualmente, existem vários modelos alternativos de sistemas que propõem exatamente a viabilização de projetos de baixo custo, como o Cricket (<http://cricket.media.mit.edu>), a GoGo Board (<http://learning.media.mit.edu/projects/gogo>) e a IRX Board (<http://web.media.mit.edu/~ayb/irx/>). Por não terem uma idéia clara dos benefícios que projetos nesta área são capazes de oferecer, ou por possuírem uma visão de que tais recursos aplicam-se a um ensino puramente técnico e especializado, os

administradores de escolas geralmente acabam levando muito em conta os custos, e tais projetos são abandonados. Pelo mesmo motivo – incapacidade de vislumbrar as amplas aplicações da RE no contexto da escola – projetos nesta área são quase sempre realizados isoladamente por professores das disciplinas técnicas ou das áreas das ciências, sem agregar novos elementos curriculares e, assim, sem promover a integração na forma de projetos interdisciplinares.

Na linha comercial existe o conjunto Mindstorms™ for Schools (cód. 9793), que possibilita a construção de projetos por grupos de no máximo 4 estudantes. Este conjunto é constituído por peças LEGO® para criação de protótipos (motores c.c., sensores, luzes, engrenagens, polias, elásticos, correias, etc.) e uma versão simplificada do software LabVIEW, o Robolab (Figura 7). Tais recursos permitem a programação através de ícones por crianças e jovens a partir dos 10 anos de idade.

A linha de conjuntos manufaturados e independentes (hardware e software) foi a base da versão da LEGO®, e ambas se assemelham em vários aspectos. Muitos foram os projetos que se sucederam em diversas escolas técnicas e universidades, ganhando maior notoriedade àqueles que participaram dos torneios de robôs.

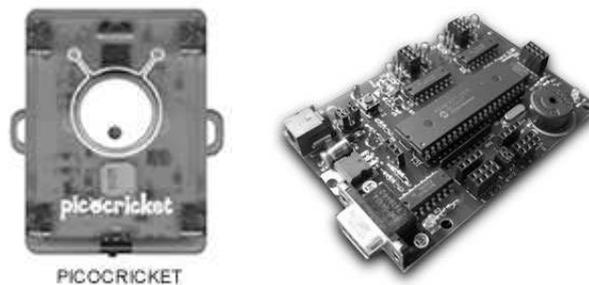


Figura 2: Controladores Cricket e GoGo Board, respectivamente

Outros recursos também desenvolvidos pelos técnicos do MIT para trabalhar com robótica são os já citados Cricket e GoGo Board (Figura 2). O primeiro oferece as mesmas possibilidades que o RCX da LEGO®, porém, ao invés de robôs, o conjunto PicoCricket foi desenhado para projetos envolvendo arte e tecnologia e oferece a possibilidade de controlar luzes, sons, música e movimento. O segundo foi baseado no mesmo projeto, mas com propósito distinto. A GoGo Board (atualmente na versão 3.5) difere por não possuir comunicação por IR, porém foi desenhada com componentes microeletrônicos de baixo custo, e seu projeto está publicado sob a licença GNU a fim de que qualquer pessoa ou instituição possa montar e criar sua própria interface.

Outros exemplos de conjuntos (*kits*) de robótica da linha comercial são o Fischertechnik[®] (<http://www.fischertechnik.com/>), a Parallax^{INC} (<http://www.parallax.com>) – muito utilizado em campeonatos de robôs – e o VEX Robotics System (<http://www.vexrobotics.com/vex-education.shtml>). A LEGO[®] também desenvolveu uma nova linha MindstormsTM, o NXT (<http://mindstorms.lego.com/eng/Overview/default.aspx>), que incluiu em seu projeto estruturas com encaixes mais resistentes, servo-motores com maior precisão e torque, sensores de movimento, além de comunicação por Bluetooth. Esse novo conjunto irá substituir o 9793, que não será mais comercializado. Ainda existem algumas versões de conjuntos mais orientados para a produção de humanóides, como a linha Bioloid (<http://www.electronickits.com/robot/BioloidExpert.htm>), que usa uma construção baseada em servo-motores modulares. No Brasil, algumas empresas investem na produção de soluções customizadas e de custo mais acessível, como a PNCA (http://www.pnca.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=17), a Symphony (<http://www.symphony.com.br/kit.php>), o Cyberbox (<http://www.cyberbox.com.br/cb.php>) e a CERNE (<http://www.cerne-tec.com.br/kitrobotica.htm>). Muitas dessas versões contém o hardware aberto, permitindo trabalhar e programar o processador com qualquer plataforma e software, bem como agregar outros componentes microeletrônicos.

Cabe ressaltar que a diferença básica dos conjuntos “prontos”, está na disponibilidade de peças (engrenagens, eixos, estruturas, encaixes, etc.). Os projetos de baixo custo geralmente não possuem ou vêm com um conjunto mais limitado de peças, dessa forma, precisam levar em consideração a necessidade de produzir ou coletar materiais alternativos ou sucata, exigindo criatividade desde a manufatura das peças, bem como algum conhecimento técnico nas áreas de eletrônica, modelagem e mecânica. Para projetos que se tem menos tempo de execução, as versões com maior disponibilidade de peças talvez venha a responder melhor à demanda. No entanto, o que pode parecer uma dificuldade inicial – não dispor à mão de materiais para projetos alternativos – pode vir a ser o seu diferencial, pois as atividades envolvidas na elaboração dos protótipos poderão envolver conceitos como reciclagem de materiais e conhecimentos técnicos básicos em eletrônica, design e mecânica que os “conjuntos prontos” já apresentam solucionados. Além disso, muitos destes projetos alternativos estão disponíveis na web, incluindo software livre para diversas plataformas, além de instruções para a confecção de sensores, motores, etc.

Pode-se perceber que existem várias alternativas para a implantação de projetos de RE nas escolas. Além disso, a utilização de conjuntos prontos ou a construção de materiais alternativos não são possibilidades excludentes. Na verdade, o que se tem visto é uma

combinação de ambas as possibilidades, mesclando os conjuntos das linhas comerciais com o reaproveitamento de componentes microeletrônicos encontrados em sucatas e lojas do ramo.

Independentemente dos materiais utilizados, no que se refere à educação e às aprendizagens, o que seria necessário, em termos metodológicos, para que se possa tirar o máximo proveito desses recursos na escola? Nas condições em que trabalham os professores, com demandas institucionais de dar conta de conteúdos e avaliações, que estratégias pedagógicas poderiam ser adotadas no sentido de aliar o *design* e a robótica para favorecer a criatividade?

4. METODOLOGIA

4.1. Posição do problema

Ao longo do texto que foi apresentado anteriormente, a criatividade pode ser considerada como uma função da mente humana que tem se revelado principalmente no processo de adaptação do sujeito em interação com o mundo. Enquanto dimensão da inteligência humana, a criatividade cumpre com a necessidade de adaptação do sujeito frente à novidade. Por outro lado, a dimensão da atividade técnica aparece como a expressão mais objetiva desse processo de adaptação, pois oferece condição de manifestação e materialização da novidade através da transformação do mundo e de si mesmo. Assim, se, por um lado, a criatividade, na sua dimensão mais objetiva, está relacionada com a produção da inovação, e, por outro, está o fato de a aprendizagem depender de modelos e estruturas de pensamento prévio para dar conta da novidade, como se opera no sujeito essa transformação?

A partir desse problema, é possível levantar a seguinte questão:

Como a exploração de modelos pode provocar condutas cognitivas que dêem suporte às construções criativas?

No contexto desse estudo, envolvendo o desenvolvimento de projetos de robótica educacional, pode-se questionar, ainda:

Como garantir que os projetos de robótica educacional possam estar a serviço da promoção da criatividade e da descoberta?

O que é preciso para que o sujeito se aproprie de novos modelos e seja capaz de produzir construções criativas?

Diante de um quadro educacional que se baseia na aplicação de modelos prontos, existe uma tendência muito forte de se fazer o mesmo em relação à técnica, e, por conseguinte, em relação à robótica. Sendo assim, é fundamental que se estude e se coloque à disposição dos educadores um conhecimento que lhes proporcione entender melhor processo de descoberta e de criação pela criança.

4.2. Sujeitos, procedimentos e instrumentos

Como já foi abordado anteriormente, o uso de modelos no ensino massificado aparece como uma necessidade, como uma metodologia para o trabalho em sala de aula. No entanto, é preciso que seja avaliado como diferentes abordagens metodológicas podem qualificar ou não essas práticas pedagógicas com base no uso de modelos. Assim, será feita uma descrição sobre as diferentes modalidades ou formas de uso de modelos utilizadas no contexto do desenvolvimento de projetos em RE do presente estudo.

- **M-1: Construções a partir de modelos de manual:** construção de protótipos totalmente com base em modelos de manuais, com uma interferência mínima do professor/pesquisador. Essa modalidade foi preferencialmente adotada no caso de os sujeitos nunca terem participado anteriormente de oficinas de robótica, como forma de familiarização com os materiais.
- **M-2: Projetos temáticos diversificados:** proposta de trabalho com um tema ou assunto pré-definido, a partir do qual os participantes deveriam desenvolver seus projetos. A escolha do assunto se deu em conjunto, envolvendo todos os participantes, que definiram sub temas mais específicos para seus projetos. Os protótipos dos diferentes grupos podiam interagir entre si ou funcionar de forma independente. Os modelos podiam ser pesquisados pelos próprios sujeitos (ex.: pesquisa de fotos ou imagens de modelos reais ou de manuais) ou apresentados pelo professor/pesquisador quando solicitado. Nessa modalidade o professor/pesquisador, ao apresentar modelos, preferencialmente utilizava modelos parciais de construção, sem utilizar soluções completas (ex.: demonstração de um sistema de transmissão simples [MOTOR-EIXO ↑ ENGRENAGEM ↓ EIXO-RODA]).
- **M-3: Projetos temáticos na modalidade de competição:** projetos realizados com base na resolução de um mesmo problema ou desafio para todos os participantes, com regras pré-estabelecidas. O desafio foi definido em conjunto com os participantes. Os modelos podiam ser pesquisados pelos próprios sujeitos (ex.: pesquisa de fotos ou imagens de modelos reais). O professor/pesquisador não apresentava modelos, mas interferia instigando e questionando no sentido de provocar o reflexionamento por parte dos sujeitos.

- **M-4: Construções livres:** projetos totalmente independentes, sem temáticas comuns ou necessidade de interação entre os protótipos. Os modelos podiam ser pesquisados pelos próprios sujeitos (ex.: pesquisa de fotos ou imagens de modelos reais ou de manuais) ou apresentados pelo professor/pesquisador. Nessa modalidade o professor/pesquisador, ao apresentar modelos, preferencialmente utilizava modelos parciais de construção, sem utilizar soluções completas (ex.: demonstração de um sistema de transmissão simples [MOTOR-EIXO ↑ ENGRENAGEM ↓ EIXO-RODA]).

Para as modalidades M-2 a M-4, os sujeitos deviam fazer um desenho do que pretendiam construir, indicando o nome das partes do protótipo e explicando o seu funcionamento.

Apesar do delineamento das atividades de RE ser definido a partir dos projetos de aprendizagem dos estudantes, as atividades dos sujeitos nas modalidades M-2 a M-4 podem ser caracterizadas da seguinte forma:

- Design: desenho ou esboço apontando em termos gerais a idéia do projeto, como funciona e partes principais.
- Pesquisa: planejamento do projeto, apontando questões ou problemas, caminhos e soluções possíveis com base na pesquisa de modelos reais, de manuais ou de referência dos próprios sujeitos.
- Implementação: coleção das partes, montagem e primeiros testes do protótipo.
- Programação: elaboração do software que controlará o protótipo.
- Depuração: aperfeiçoamentos e correção de problemas.
- Registro: relatórios de atividades, registrando o processo de desenvolvimento do projeto, e relatório final.

Não havia uma ordem ou seqüência a ser seguida nas atividades acima, apenas sugeriu-se aos participantes que a atividade de design acontecesse no início do projeto a fim de que pudesse servir de mote para a discussão das primeiras idéias do grupo, bem como apresentar as primeiras representações dos problemas envolvidos nos projetos.

4.2.1. Robótica nas Séries Iniciais do E. F.

Participaram dessa etapa do trabalho estudantes de 3ª e 4ª séries de escola estadual de E.F. de Porto Alegre (Anexo J). Fazendo uso do conjunto experimental LEGO® Globot, as

sessões de trabalho aconteceram nas modalidades M-1, M-2 e M-4. Na modalidade M-1, as sessões eram realizadas em sala de aula, com a presença e intervenção do professor e equipe de pesquisa. Essas sessões tinham a duração aproximada de 2h, com a frequência de uma vez por semana, pelo período de 5 semanas, totalizando 10h de trabalho. Já as sessões de trabalho nas modalidades M-2 e M-4 aconteceram fora da sala de aula, na forma de oficina de robótica. Tinham duração aproximada de 3h e frequência de 3 vezes por semana, e aconteceram pelo período de 3 semanas, totalizando 27h aproximadamente. Para esta modalidade de oficina extraclasse, apesar de outros estudantes de outras séries terem participado, o presente estudo considerou apenas os dados relativos aos sujeitos que já haviam participado da modalidade M-1 e que tiveram uma frequência mínima às sessões de 80%. No total, foram considerados, assim, 6 projetos e 10 sujeitos, com idades variando entre os 10 e os 12 anos, e que freqüentavam as turmas de 3ª ou 4ª séries.

A definição da modalidade M-1 se deu em combinação com os professores das turmas, pois nem a professora e nem a turma haviam tido contato com materiais de robótica. Além disso, essa modalidade serviu para observar as apropriações do grupo frente a esse conjunto experimental da LEGO® (as peças, o guia de montagem e de atividades, a interface de programação). As demais modalidades foram adotadas em função de o grupo já ter tido contato com os materiais e participado da modalidade M-1.

Como já foi mencionado, o trabalho nas séries iniciais do E.F. foi realizado com o conjunto experimental LEGO® Globot em função de ser o único conjunto de robótica orientado para crianças que operava com o *laptop* XO. Esse trabalho aconteceu dentro do contexto do projeto UCA (Um Computador por Aluno), numa escola estadual de Porto Alegre, através de uma parceria entre o LEC/UFRGS, o MEC e a ONG OLPC (One Laptop per Child). O objetivo dessa parceria é estudar um novo modelo para uso da tecnologia na escola. Assim, o LEC, sob a coordenação da Profa. Léa Fagundes, a partir de convite feito pelo Governo Federal, está desenvolvendo junto com esta comunidade educacional o projeto piloto UCA¹⁸. Este projeto, que se desenvolve em mais duas cidades brasileiras, tem origem na idéia e no desafio que Nicholas Negroponte lançou, em 2005, durante a reunião do Fórum Econômico Mundial de Davos, de produzir laptops de baixo custo (US\$100). O objetivo seria que crianças e jovens de comunidades ao redor do mundo pudessem ter acesso à tecnologia dentro e fora das escolas, de maneira autônoma e imersiva, no modelo 1:1 (um computador

¹⁸ Projeto UCA em Porto Alegre <http://www.lec.ufrgs.br/index.php/Projeto_UCA_-_Um_Computador_por_Aluno>

para cada criança). Ele fundou, então, a ONG OLPC (One Laptop per Child¹⁹) e passou a catalisar recursos financeiros e humanos para a produção destes equipamentos e software de forma que atendesse a demandas educacionais e não comerciais.

Assim, foi desenvolvido o laptop denominado XO (Figura 3). Tais equipamentos não possuem uma linha comercial (varejo) e são distribuídos apenas a partir das iniciativas dos governos de cada país. Várias versões desses laptops já foram produzidas e distribuídas para várias escolas em diferentes países.



Figura 3: versão do XO entregue aos alunos de Escola Estadual de Porto Alegre

Essas primeiras versões do XO contam com sistema operacional Linux e interface gráfica denominada Sugar, programada em Python e rodando sobre o X Windows System. Possui acesso sem fio à internet, monitor LCD de alta resolução e baixíssimo consumo de energia; câmera fotográfica integrada, entrada para microfones e fones de ouvido, 4 portas USB, e várias versões de software educacionais para a produção gráfica, textos e programas, além de um browser para navegação na internet. Com relação à programação, destaque para o Etoys, uma implementação do ambiente de programação Squeak, um software orientado a objetos que permite a criação de diversos programas, como simulações, animações e jogos. Além disso, o sistema conta com o Turtle Art, um ambiente de programação gráfica baseado na idéia do LOGO. Cabe ressaltar que grande parte do que está sendo desenvolvido em termos de software conta com o apoio da comunidade internacional de software livre. Desde que Negroponte lançou o desafio e iniciou a produção do XO, outras companhias, como a Intel[®], passaram a produzir laptops de baixo custo. No entanto, cabe destacar que a OLPC é que possui uma proposta com objetivos e princípios pedagógicos específicos com base no modelo 1:1, e não é de seu interesse ser reconhecida como uma empresa que produz laptops.

¹⁹ <<http://laptop.org>>

A partir de março de 2007, os alunos dessa Escola Estadual começaram a receber os primeiros laptops, sendo que os primeiros alunos a receber foram os da 4ª série do E.F. Atualmente, os computadores foram distribuídos a todas as séries do E.F.

Além dos computadores XO, a empresa EDACOM, parceira e representante da LEGO® no Brasil doou conjuntos de robótica da linha LEGO Mindstorms™ para uso no projeto. Foram realizadas algumas oficinas experimentais com alunos monitores e pequenos grupos da turma de 5ª série. No entanto, os conjuntos dessa linha não possuíam um ambiente de programação para o XO, apenas para computadores da linha PC ou Mac. Como a escola não dispunha de um laboratório de informática, seria muito difícil atender a demanda de todos os alunos, e os projetos ficariam restritos a oficinas extraclases. Porém, em meados de 2007, a equipe da LEGO® da Dinamarca entrou em contato com a equipe do LEC convidando para participar de um estudo piloto com um novo material de robótica da empresa. Negroponte havia desafiado a LEGO® a produzir um conjunto de robótica também de baixo custo, a fim de experimentar as possibilidades do modelo 1:1 proposto pelo projeto OLPC. O desafio foi aceito e em outubro de 2007 a LEGO® enviou para o LEC os conjuntos então denominados de GLOBOT, na sua versão experimental. Até então, não fora produzido nenhum conjunto de robótica direcionado especificamente para crianças de séries iniciais, apenas conjuntos introdutórios que exploram elementos mecânicos, mas sem atividade de programação.

Foi elaborado, assim, um plano de atividades no sentido de experimentar duas possibilidades: (M-1) uso dos conjuntos em sala de aula, com atividades orientadas aos desafios propostos no material impresso que acompanhava o Globot; e (M-2 e M-4) uso dos conjuntos em atividade extracurricular, a partir da exploração livre e através da proposição de assuntos escolhidos pelos alunos.

Foram oferecidas sessões de robótica com o Globot para os professores das turmas envolvidas, em encontros semanais de planejamento e análise das atividades, no sentido de promover uma apropriação inicial dos recursos e possibilidades do conjunto LEGO® Globot, bem como discutir sobre as possibilidades deste recurso em função das inovações nas práticas pedagógicas de sala de aula.

Infelizmente, a experiência em sala de aula com o Globot teve de durar apenas um mês, pois o conjunto estava na sua versão experimental e precisava ser devolvido para a LEGO® a fim de que outras escolas pudessem experimentar o conjunto. Para as atividades extracurriculares, restaram na escola 5 conjuntos para atender um grupo menor de alunos interessados em participar de uma oficina de verão, nas férias escolares.

As sessões foram registradas através de filmadora e máquina fotográfica digital, além da observação direta dos pesquisadores e auxiliares de pesquisa. Para análise do material em vídeo e coleta dos dados (Anexo K), foi utilizado o software Transana²⁰ (v. 3.5) desenvolvido e mantido pelo Wisconsin Center for Education Research, da Universidade de Wisconsin – Madison. Os vídeos estão armazenados em suas versões originais na forma de dados em 31 discos de DVD.

Características do Globot

O conjunto experimental Globot²¹ possui algumas características diferenciadas em relação às versões da linha MindstormsTM. Além de funcionar com o laptop XO e qualquer outro computador PC ou Mac, o conjunto não possui um microcontrolador como a maioria dos kits de robótica, mas sim um HUB (Figura 4) que conecta servo-motores e sensores à CPU do computador através de uma porta USB. Assim, todo o processamento das funções dos protótipos utiliza os recursos (memória e processador) do computador, de forma que os robôs precisam ficar sempre conectados à CPU.

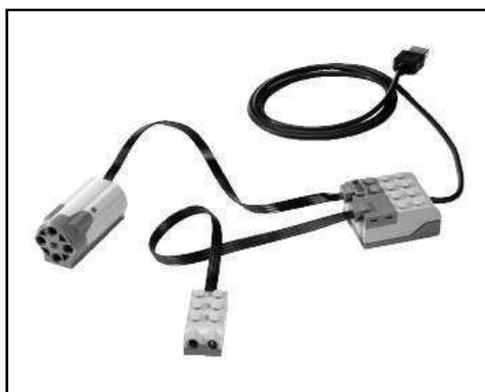


Figura 4: HUB, servo-motor e sensor de movimento do Globot

Além do HUB, servo-motor e sensores de movimento e de equilíbrio, o conjunto ainda dispõe de uma quantidade de peças LEGO[®] como hastes, engrenagens, eixos, polias e conectores. Esta versão experimental ainda contava com um material impresso, que era o guia de montagem dos protótipos e o livro de atividades, que continha alguns desafios de projetos. Havia também um livro para os professores, com orientações em relação a como explorar os

²⁰ <<http://www.transana.org/about/index.htm>>

²¹ A versão final do produto passou a se chamar LEGO[®] EDUCATION WeDoTM, ou somente WeDoTM, e foi oficialmente lançado em 30/06/2008.

desafios com os alunos. O livro de atividades continha os seguintes desafios: chutador, goleiro, torcida, veleiro, gigante e avião (conforme exemplo da Figura 5).

Os projetos eram apresentados no livro conforme o princípio dos quatro ‘C’s da Divisão Educacional da LEGO®, que são: contextualizar, construir, conceitualizar e continuar. No primeiro ‘C’, são apresentados os personagens da história e o desafio. No segundo, são dadas as instruções sobre o funcionamento e montagem do protótipo, bem como a de elaboração do programa que controlará o mesmo. No terceiro ‘C’ (*concept*, mas que na versão em português foi traduzida como “analisar”), são propostas atividades e desafios para explorar conhecimentos do currículo (ex.: criar tabelas e medir o quão longe a bola foi chutada pelo protótipo e extrair a média de distância). O quarto e último ‘C’, continuar, propõe que se explore o modelo construído através de desafios que incrementem ou aperfeiçoem as funções do protótipo, sejam implementações mecânicas ou na lógica do programa.

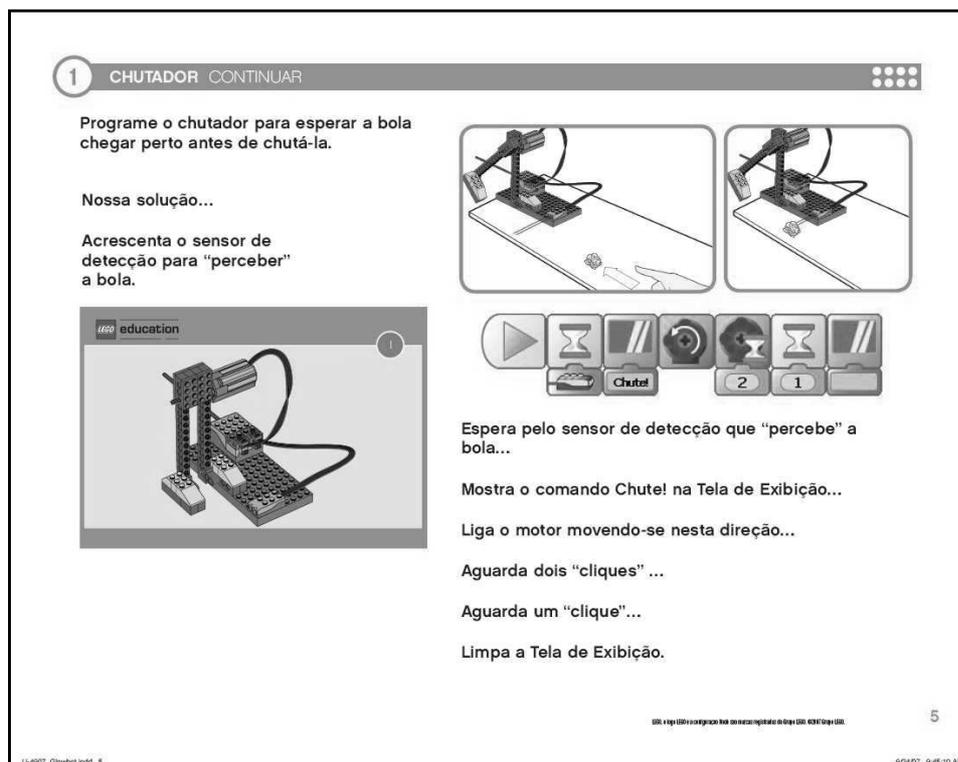


Figura 5: amostra do guia de atividades do Globot

O ambiente de programação possuía uma interface com vários ícones, cada um com uma função específica (ex.: “ligar motor”, “parar motor”, “loop”, “esperar por”, “sensores”). Para programar, bastava que os ícones fossem arrastados da barra de comandos para a tela (área de trabalho) e dispostos lado a lado, como na foto da Figura 6.

Convém esclarecer que tanto o livro de atividades quanto o guia de construção dos protótipos – materiais impressos – continham os projetos prontos, com a solução da montagem e da programação. Assim, nesta fase do projeto, as atividades, além de pré-determinadas, tinham os modelos do Globot de referência.

O ambiente de programação permitia construções do tipo LED (liga → espera → desliga), e o uso de condicionais era associado ao comando “esperar por”, representado por um relógio de areia. Assim, era possível, por exemplo, ligar um motor a uma determinada velocidade, esperar uma condição se verificar (ex.: esperar 1s, esperar sensor detectar movimento) e executar a tarefa seguinte, como parar o motor ou tocar um som. O ambiente de programação Globot possibilitava também o uso de “looping” para repetição de procedimentos, mas não era possível saltar da seqüência de um procedimento a outro. Porém, era possível ter mais de um procedimento rodando simultânea e independentemente.

As possibilidades em termos do uso de condicionais “SE... ENTÃO...” eram as seguintes:

- esperar por um tempo determinado;
- esperar até que o sensor detecte movimento ou presença;
- esperar até que o sensor de equilíbrio esteja numa determinada posição;
- esperar até que o microfone detecte uma determinada intensidade de som;
- esperar até que o contador esteja com o valor x .

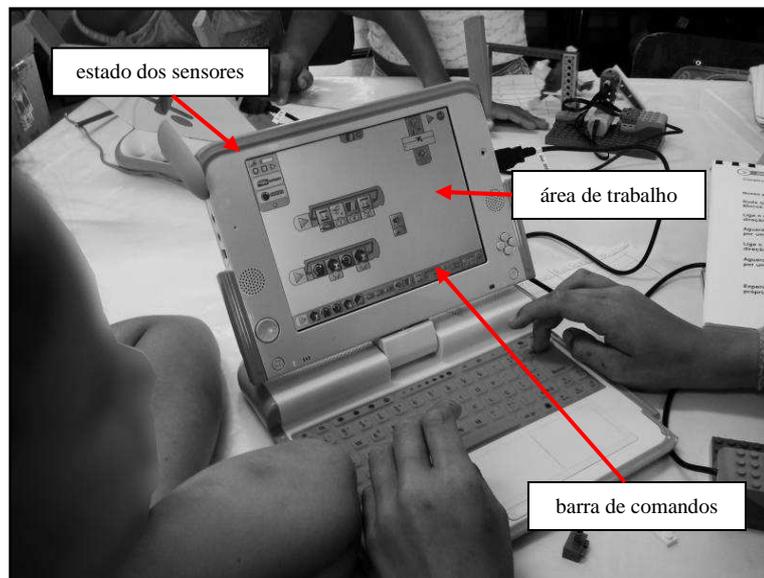


Figura 6: interface do Globot no XO

O ambiente de programação ainda permitia a utilização de um contador (*container*) que poderia armazenar valores numéricos e *strings*. Assim, na estrutura de programação era possível acrescentar ou subtrair valores (somar ou diminuir) ao contador, bem como armazenar pequenas quantidades de texto. Não era possível a utilização de expressões regulares nem numéricas, nem outras operações aritméticas além das mencionadas acima.

O sensor de equilíbrio (*tilt*) possibilitava detectar cinco posições: posição horizontal, inclinado para acima, inclinado para baixo, inclinado para a esquerda e inclinado para a direita. Dessa forma, era possível, por exemplo, detectar a posição de um protótipo em relação ao horizonte.

Ainda era possível exibir pequenos textos na tela e tocar sons. Além de alguns sons pré-gravados contidos no ambiente de programação, ainda era possível gravar o seu próprio som e executá-lo dentro da estrutura do programa.

O HUB no qual eram conectados os sensores e servo-motores possuía apenas duas portas (Figura 4). Dessa forma, era possível combinar, sem utilizar motores, dois sensores ao mesmo tempo, mas apenas um sensor de cada vez se fosse usado um motor concomitantemente. Era possível ligar mais de um motor na mesma porta do HUB, no entanto não era possível controlá-los individualmente.

4.2.2. Robótica nas Séries Finais do E. F.

As sessões de trabalho envolvendo as séries finais do E.F. (5^a a 8^a) ocorreram nas modalidades M-1 a M-4, na forma de oficinas de robótica extraclasse em escola particular de classe média de Porto Alegre. Participavam das oficinas estudantes na faixa etária dos 10 aos 14 anos, através de inscrição espontânea, por interesse. As sessões tinham a duração de aproximadamente 1h30min, com a frequência de 2 vezes por semana, pelo período mínimo de 2 meses (totalizando 24h) até 4 meses (totalizando 48h). Durante essas sessões, além de desenhar, pesquisar, construir e programar seus protótipos, os sujeitos registravam suas atividades em uma planilha (Anexo L). Durante ou ao término do projeto os sujeitos também elaboravam um relatório do projeto em editor de texto ou na forma de apresentação de slides. Em algumas sessões, conforme o interesse, os sujeitos também construía o esquema da montagem do protótipo utilizando um aplicativo de arranjo de peças em 3D (MLCad).

A definição da modalidade (M-n) adotada se dava principalmente em função da característica do grupo. Por exemplo, a construção a partir de modelos (M-1) era adotada sempre que um grupo novo de alunos ingressava na oficina, tendo como objetivo o

conhecimento dos esquemas básicos de montagem de peças e a compreensão dos princípios básicos do funcionamento do conjunto (microcontrolador, sensores, motores) e da interface de programação. Geralmente, como a montagem a partir de modelos durava poucas sessões, ainda era possível desenvolver projetos noutra modalidade.

Para essa etapa foram utilizados os conjuntos LEGO[®] DACTA[™] e MINDSTORMS[™] que haviam sido adquiridos pela escola para oferecer oficinas de robótica para os seus alunos. Segue um detalhamento dos conjuntos utilizados:

- Kit LEGO ROBOLAB (9797): composto por kit 9780, 4 RCX, 4 torres I.V., motores e demais peças, além de guia de atividades com 4 modelos projetos (inseto, carro, engenhoca, casa).
- Kit LEGO Dacta Almojarifado de peças (9609): hastes, estruturas, tijolos, plataformas, eixos, polias e engrenagens diversas, rodas.
- Kit LEGO Dacta Conjunto Estruturas (9618): hastes, estruturas, tijolos, plataformas.
- 2 Kits LEGO Mindstorms para Escolas (9793): 1 RCX, 1 torre IR, motores e demais peças.
- Diversos: 4 fontes de alimentação 9v, compressor de ar (modelo para aquários), isopor, caixas, papelão.
- Software ROBOLAB[™] para programação dos protótipos.
- 4 PCs com sistema Windows 98, 128MB RAM, MS Office.
- MLCad: software para composição das construções em 3D.
- Acesso à internet banda larga.

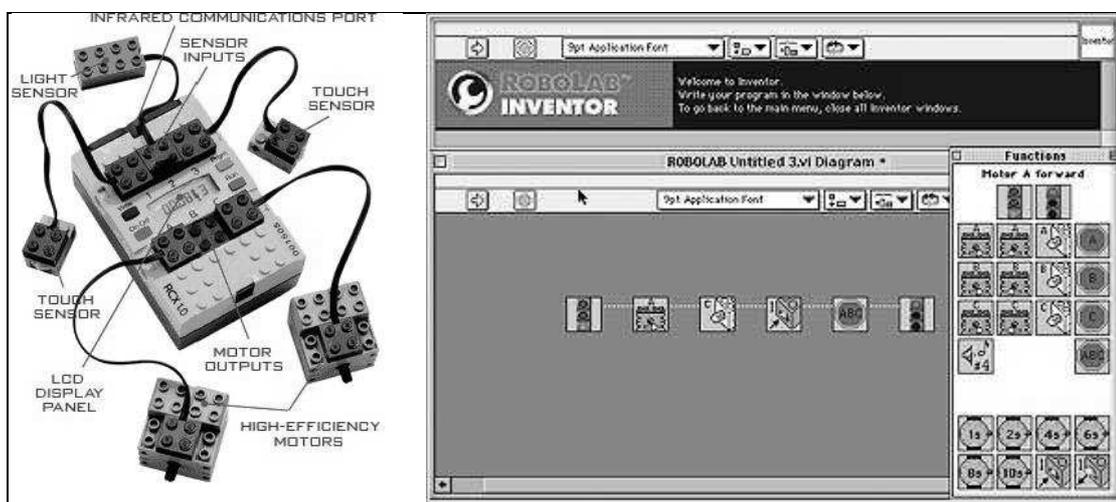


Figura 7: Tijolo RCX, sensores e motores, e a interface de programação do ROBOLAB[™]

Os conjuntos LEGO® Mindstorms™ possibilitam a construção de projetos em grupos. Este conjunto é constituído por peças LEGO® para criação de protótipos (motores de corrente contínua, sensores de luz e toque, luzes, engrenagens, polias, elásticos, correias, hastes, eixos, tijolos, plataformas, entre outras). A base do conjunto são os tijolos RCX (Figura 7), os transmissores de infravermelho (IR) e uma versão simplificada do software LabVIEW, o ROBOLAB™ (Figura 7). Tais recursos permitem a programação através de ícones por crianças e jovens a partir dos 10 anos de idade. A unidade RCX possui entradas para três sensores e três saídas para motores, *leds* ou lâmpadas, além de uma estrutura que possibilita a conexão das peças LEGO. Contudo, o maior recurso deste componente é o transmissor/receptor IR, que além de permitir a comunicação entre o computador e o protótipo, permite a interação entre robôs. O conjunto ainda vem com o INVESTIGATOR, um software para registro e coleta de informações enviadas pelos RCX, capaz de gerar gráficos demonstrativos para serem analisados e relatados.

Em relação à programação, o software ROBOLAB™ é orientado a programação sequencial, mas permite o modo multitarefa, *loops* (execução de um procedimento de forma repetida) e *jumps* (“go to...”, que salta de uma determinada parte de um procedimento a outro). Permite o uso de condicionais “Se... então...” a partir de vários critérios, sendo os mais utilizados: tempo, sensor de luz, sensor de toque, *container* (contadores) e mensagem. Possui operadores *booleanos*, bem como executa operações aritméticas (soma, subtração, divisão, multiplicação, potenciação, raiz). Os valores armazenados nos contadores são globais, assim, as tarefas podem passar valores entre si. Após a elaboração do programa, ele pode ser transferido para o RCX através de uma torre IR conectada à porta serial do PC. O RCX pode conter até 5 programas armazenados, porém cada programa funciona independentemente e apenas um de cada vez. O RCX possui um mini *display* LCD que exibe informações como tempo de uso e estado dos sensores.

Além do próprio registro dos sujeitos, os dados foram registrados através da observação direta do pesquisador, fotos e vídeos. A coleta dos dados se deu diretamente sobre os materiais digitais (textos formato MS Word, MS Power Point, páginas HTML, programas produzidos no ROBOLAB™) produzidos pelos alunos, bem como sobre o registro de algumas filmagens realizadas durante as apresentações de projetos. Os dados publicados nos anexos A ao H são uma coletânea das produções dos alunos. Os formatos de algumas produções, principalmente em relação ao tamanho e à orientação da página, tiveram de ser alterados da sua forma original em função da necessidade de publicação no formato A4.

Porém as versões originais foram mantidas intactas e estão todas armazenadas em mídia de dados DVD.

4.3. Categorias de análise

Conforme foi apresentado anteriormente, a epistemologia genética de Piaget propõe que o processo de abstração reflexionante dá suporte à criatividade, pois é ele que garante a adaptação do sujeito frente à novidade e a transformação de si e dos objetos. Com o suporte teórico da E.G. e com base nas condutas dos sujeitos apresentadas mais adiante, foi possível evidenciar diferentes níveis de abstrações.

Referência	Níveis de Abstração	Categoria	Definição
Processos gerais de adaptação do sujeito	*	Acomodação	Processo de adaptação do sujeito a um objeto ou situação nova. Se dá em relação a um novo esquema que não pode integrar-se a estruturas mentais anteriores, exigindo reestruturação.
	*	Assimilação	Incorporação de um esquema numa estrutura operatória existente.
	*	Coordenações inferenciais	Dão suporte às hipóteses dos sujeitos em relação aos fenômenos e objetos observados. Difere da reflexão, que é uma constatação à posteriori. Difere da indagação por ser afirmativa.
	*	Indagação	Indagações e hipóteses dos sujeitos acerca do problema ou objeto. As indagações expressam a necessidade de coordenações inferenciais. Revelam a abertura para novos possíveis.
Abstração empírica	A	Atividade perceptiva	Atividade de observação de objetos e fenômenos orientada pela ativação de esquemas viso-motores. Tem como base a ação de centrar e descentrar imagens de forma a deslocar o índice de referência do sujeito.
Abstração pseudo-empírica	B	Atividade exploratória	Atividade cujo objetivo é o de testar ou explorar as possibilidades e propriedades de um dado fenômeno ou objeto. Em relação ao processo de equilíbrio, é uma atividade centrada na acomodação dos observáveis do objeto (o que o sujeito crê observar). Condição necessária para a assimilação do novo. Responsável pela ativação dos sistemas de significação do sujeito (esquemas perceptivos, nocionais e conceituais).
Abstração reflexionante	C	Reflexionamento	Transposição das descobertas a planos superiores (da ação a representação).
	C	Reflexão	Reconstrução das descobertas sobre um novo patamar, acrescentando a isto, a compreensão das razões ocasionais e necessárias.

Quadro 1 - Categorias gerais de referência com base na E.G.

Condutas	Níveis de Abstração	Definição
Coordenações inferenciais	*	Idem ao Quadro 1
Indagação	*	Idem ao Quadro 1
Brincadeira	A	Condutas que demonstram atividade lúdica, com regras pré-estabelecidas ou não. Ao contrário do jogo simbólico, caracteriza-se por ser primordialmente uma atividade motora.
Indiferenciações	A	Condutas dos sujeitos indiferenciadas em relação à compreensão do fenômeno ou objeto. Os sujeitos não conseguem estabelecer relações entre as partes e o todo.
Exploração	B	Idem ao Quadro 1
Indiferenciações parciais	B	Condutas dos sujeitos indiferenciadas em relação a compreensão do fenômeno ou objeto, mas apresentando, mesmo de forma dissociada, alguns elementos necessários à identificação ou entendimento de um dado fenômeno ou objeto. Os sujeitos conseguem apenas estabelecer relações parciais ou imprecisas entre as partes e o todo.
Jogo	B	Atividade lúdica com regras pré-estabelecidas, envolvendo ou não atividade motora. No seu desenvolvimento, após a socialização do sujeito, é atividade orientada a realidade, imitando o real. A assimilação individual (egocêntrica) cede à regra coletiva e/ou ao símbolo representativo.
Procedimento manipulável	B	Bloco de ações com status de rotina. Ações com baixo grau de significação em relação ao objeto ou problema. Depende totalmente do sucesso ou não dos seus resultados, e não do significado das ações do sujeito.
Regulações	B	Transformações orientadas pelos observáveis do sujeito em relação às reações dos objetos. Transformações que exigem adaptação do sujeito em relação ao objeto sem mudança de significado da ação para o sujeito.
Rotina	B	Primeira organização do sujeito em relação à resolução de um problema. Uma rotina é uma ação não generalizável realizada com sucesso em relação a um objetivo específico. Difere das operações <i>ad hoc</i> pois não está orientada pelo significado das ações do sujeito em relação a um problema ou objeto. São ações indiferenciadas, sem atribuição de significado, ou com significados parciais e dissociados
Transformações de controle	B	Transformações com o objetivo de aumentar o controle sobre o fenômeno ou objeto. Difere da transformação de controle de nível C pois ainda não foram compensadas, exigindo regulações por parte do sujeito. Difere da exploração pois são antecipatórias e orientadas em relação ao significado da ação do sujeito. Difere das regulações, pois são transformações cujo controle do sujeito é ascendente em relação aos objetos ou fenômenos. Revela necessidade de adaptação do sujeito em relação ao significado de suas ações, e não à própria ação.
Primitiva	C	Ação do sujeito ajustável a novas situações. Ações que se transformam em função do significado, independentemente do sucesso ou fracasso. As ações primitivas servem de base para os procedimentos manipuláveis.
Procedimento manipulável	C	Bloco de ações primitivas com alto grau de significação em relação ao objeto ou problema.
Reflexionamento	C	Idem ao Quadro 1
Reflexão	C	Idem ao Quadro 1
Transformações de controle	C	Transformações com o objetivo de aumentar o controle sobre o fenômeno ou objeto. Diferem da exploração pois são antecipatórias e orientadas em relação ao significado da ação do sujeito. Diferem das regulações, pois são transformações cujo controle do sujeito é ascendente em relação aos objetos ou fenômenos. Revela adaptação do sujeito em relação ao significado de suas ações, e não à própria ação.

Quadro 2 - Categorias de análise das condutas dos sujeitos

Os diferentes níveis de abstração se referem ao grau de representação dos objetos ou fenômenos por parte dos sujeitos. O nível “A” é o que está mais vinculado aos observáveis do objeto – incluindo a própria indiferenciação com relação ao mesmo – e o nível “C” é o que está mais vinculado à representação da própria ação, isto é, da ação internalizada e dos significados dessa ação para o sujeito.

Tomando como referência as categorias gerais de análise dos níveis de abstração com base na E.G. (Quadro 1), foi possível elaborar o quadro com a categorização das condutas dos sujeitos (Quadro 2). As condutas cujo nível de abstração é representado por um “*” foram evidenciadas em mais de um dos níveis de abstração, podendo, dessa forma, serem consideradas condutas relativas aos processos gerais de adaptação do sujeito. Esses quadros acima servem de referência para discutir, mais adiante, as relações entre a exploração de modelos e as condutas cognitivas. Enfim, o primeiro, contém as categorias gerais com referência na E.G.; o segundo, as condutas evidenciadas e suas respectivas definições.

5. OFICINAS DE RE NAS SÉRIES INICIAIS DO E.F.

Os projetos de robótica com crianças das séries iniciais do E.F. foram planejados em função de uma demanda específica que envolvia uma escola estadual de Porto Alegre participante do Projeto Um Computador por Aluno (UCA). Essa comunidade escolar, além de nunca ter tido a oportunidade de experimentar o trabalho com materiais de robótica, não possuía laboratório de informática e nem acesso à internet à disposição dos alunos. Após o início do projeto UCA, foi colocado à disposição dos alunos e professores laptops XO e acesso à web. No entanto, em função da indisponibilidade de recursos, estas medidas não foram suficientes para que se desenvolvessem projetos na área de RE, pois não havia, até então, nenhuma versão de hardware e software que funcionasse a partir dos laptops.

Em 2007, a LEGO® da Dinamarca desenvolveu um conjunto experimental de robótica que funcionava com o laptop da OLPC, permitindo que fosse organizado um experimento em sala de aula com os estudantes das séries iniciais. Inicialmente, foram colocados à disposição da escola 34 conjuntos Globot, e participariam do projeto as turmas de 3ª e 4ª série, pois estas eram as turmas que já possuíam o laptop há mais tempo, estando mais apropriadas em relação ao seu funcionamento.

Os materiais (conjunto de peças e material impresso) foram apresentados aos professores e ficara combinado que cada turma iria dispor de 2h por semana para experimentar os materiais, durante dois meses. Porém, um atraso na chegada dos materiais teve de reduzir a experiência para um mês. Em função disso, decidiu-se realizar duas sessões preliminares apenas com peças LEGO® a fim de provocar uma familiarização com os esquemas de montagem. Após essas sessões preliminares, durante aproximadamente um mês, os estudantes experimentaram em sala de aula a robótica na modalidade M-1.

Foi combinada, também, com a direção da escola, que seria oportunizada uma oficina de robótica extraclasse no período das férias para os alunos interessados. Como restavam apenas 5 conjuntos Globot, a oficina teve de se restringir a menos alunos. Assim, durante aproximadamente 3 semanas, foi ofertada uma oficina de robótica para os estudantes interessados nas modalidades M-1 a M-4.

5.1. Sessões preliminares de exploração das peças

No mês anterior ao início do projeto, enquanto os grupos aguardavam a chegada dos conjuntos Globot, foram preparados alguns conjuntos de peças LEGO[®] (rodas, engrenagens, polias, estruturas, hastes, eixos e diferentes tipos de encaixes) para que os alunos explorassem as possibilidades de construção desse material. Essa exploração aconteceu por duas semanas, totalizando aproximadamente 4h de exploração para cada turma. Convém salientar que, de acordo com os dados das entrevistas preliminares, a maioria dos alunos nunca havia tido a oportunidade de explorar a montagem de estruturas com o LEGO[®], e uma minoria já havia “brincado” com alguma versão para crianças do “balde de tijolos”. Durante essas sessões, os alunos não usavam nenhum material de referência para construção (manuais), apenas tinham como modelo algumas demonstrações de pequenos esquemas de montagem que o pesquisador demonstrava conforme a demanda das construções.

Essas sessões de exploração aconteciam da seguinte forma: os alunos reuniam-se em duplas de trabalho e juntavam suas classes com outra dupla, de forma que poderiam ter uma superfície maior de trabalho. Na primeira semana os alunos foram orientados para, assim que recebessem as peças explorar livremente as possibilidades de construção e combinar com o colega o que gostariam de construir. Como resultados, foram produzidos vários objetos, conforme os exemplos da Figura 8 e Figura 9.

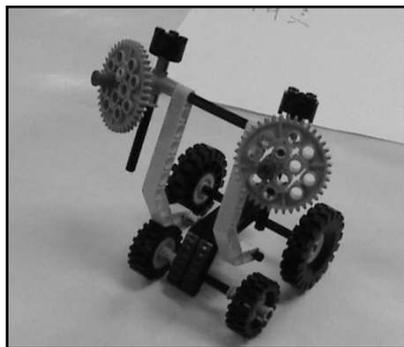


Figura 8: objeto “Destruidor de alienígenas” construído a partir da exploração livre das peças

Algumas duplas construíram objetos estáticos, outras chegaram a ensaiar algum tipo de mobilidade, explorando algumas possibilidades das peças. Convém salientar que a equipe de pesquisa e o professor, em alguns momentos, faziam demonstrações de exemplo para algumas duplas – como conectar hastes e eixos – sempre que os alunos solicitavam auxílio em relação ao objetivo de suas montagens. Esses esquemas básicos apresentados as duplas de

alunos serviram de suporte para construções posteriores, mas algumas vezes não eram levados em consideração e descartados pelos alunos.

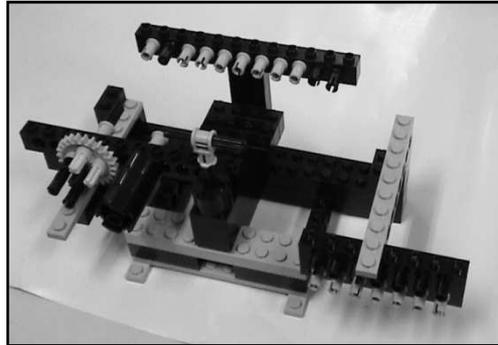


Figura 9: objeto “Nave” construído a partir da exploração livre das peças

Na segunda semana, foi lançado para as turmas o seguinte desafio: “quem consegue montar a estrutura mais alta”? Após a construção, os alunos mediram as estruturas para ver quem conseguiu alcançar a maior altura (Figura 10).

No caso do desafio de construir uma estrutura o mais alto possível, havia uma regra básica: a estrutura precisava ser estável e sustentar-se sozinha, com seus próprios apoios.



Figura 10: “torre” construída a partir do desafio de construir a estrutura mais alta possível

Apesar de haver um limite nas combinações possíveis das peças (pela quantidade e função das mesmas), nos dois momentos dessa fase de familiarização foram construídas

figuras diversas, todas com formas distintas. Alguns sujeitos procuraram produzir formas mais simples, utilizando-se de poucas peças e focando-se na eficiência da montagem; outros procuraram agregar o máximo de peças possível.

Nessa etapa os elementos relacionados ao design foram pouco explorados, pois o objetivo desta atividade era proporcionar uma primeira aproximação com os esquemas de montagem das peças LEGO®. Pelo fato dos sujeitos estarem operando num nível exploratório, as condutas não tinham um objetivo em específico e eram reguladas a partir da própria possibilidade que se abria à medida que testavam diferentes formas de encaixe e equilíbrio das estruturas. Já no caso do desafio de construir a estrutura mais alta, a pouca familiaridade com as peças resultou que muitos sujeitos não conseguissem montar uma estrutura que se sustentasse; o que fez com que essas duplas passassem a investir mais na forma do objeto do que na sua altura (Figura 11). Como não era possível aumentar em altura, nos exemplos abaixo os sujeitos compensaram na forma, tornando-as mais complexas e agregando esquemas de conexão de peças diversos.

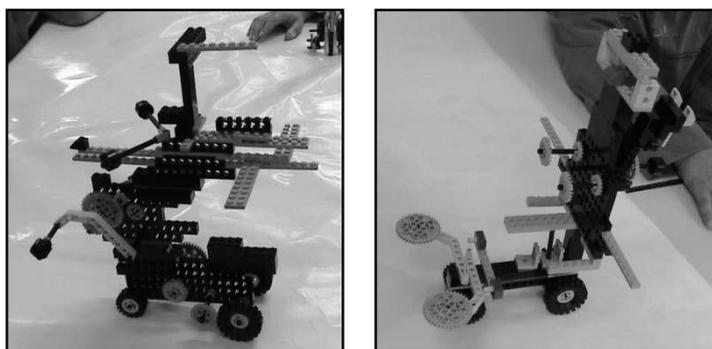


Figura 11: objetos que compensaram a altura na forma

5.2. Robótica na sala de aula na modalidade M-1

Participaram nessa primeira fase do projeto os professores e alunos das turmas de 3ª série (T31, 22 alunos, média de 9 anos de idade) e 4ªs séries (T41, 17 alunos; e T42, 17 alunos; ambas com média de 11 anos de idade).

Essa experiência foi organizada em conjunto com os professores, com atividades semanais de aproximadamente 2h, em sala de aula, durante quatro semanas, totalizando 8h por turma. A modalidade M-1 (construções a partir de modelo de manual) se deu a partir da utilização dos guias de atividade e de montagem que acompanhavam o conjunto Globot. Os modelos propostos pelo guia eram as seguintes:

- ❖ Chutador: “Você consegue construir um chutador mecânico que sempre chuta o mais longe possível?”; “Programa o chutador para esperar a bola chegar perto antes de chuta-la”
- ❖ Goleiro: “Você consegue construir um goleiro mecânico que não deixa as bolinhas de papel entrarem no gol?”; “Programa o modelo para marcar a pontuação para você!”
- ❖ Torcida: “Você consegue fazer torcedores mecânicos pularem e torcerem pelo Mitchel e pela Paula?”; “Crie torcedores que pulam e torcem quando a bola se aproxima.”
- ❖ Veleiro: “Você consegue construir um barco modelo que se movimenta como se estivesse velejando no mar?”; “Crie sons do mar que tocam à medida que o barco se movimenta”.
- ❖ Gigante: “Você consegue criar um gigante que fica em pé como num passe mágica?”; “Programa o gigante para se movimentar quando alguém se aproxima.”
- ❖ Avião: “Você consegue criar um avião que muda de velocidade à medida que se movimenta para cima e para baixo?”; “Torne a estória mais emocionante! Acrescente efeitos de sons diferentes à medida que o avião se movimenta para cima e para baixo.”

Os desafios estavam apresentados no livro conforme o princípio dos 4C’s da LEGO[®]: contextualizar (*context*), construir (*construct*) – protótipos e programas – conceituar/analisar (*concept*) e continuar (*continue*). Assim, cada desafio era apresentado em quatro partes. Na contextualização, havia sempre uma estória que apresentava os personagens e o problema. Assim, as professoras iniciavam o trabalho fazendo uma leitura conjunta da primeira parte do guia, e, após os alunos liam as informações contidas na parte seguinte e passavam a construir o protótipo com a ajuda do guia de montagem (Figura 12). No entanto, a partir da segunda semana, as professoras não realizavam mais a leitura em conjunto da atividade contida no guia, apenas indicavam qual seria o modelo a ser montado, ficando a leitura por conta dos próprios alunos.

A previsão inicial para as sessões era de 1h de construção e mais 1h de exploração. No entanto, isso não se verificou. Nas primeiras duas semanas de atividade, os alunos despendiam cerca de 2h para a construção do modelo. Tal fato se deveu principalmente pela pouca familiaridade dos alunos com os esquemas de encaixe do LEGO[®], e da dificuldade em coordenar visualmente as figuras do modelo do livro com a imagem do modelo em

construção. Assim, em função do tempo, na primeira semana, os alunos não chegaram a explorar os modelos a ponto de alterá-los, com algumas poucas exceções. Com isso, as etapas de análise (*concept*) e exploração (*continue*) não foram realizadas pelos alunos nas primeiras duas semanas.

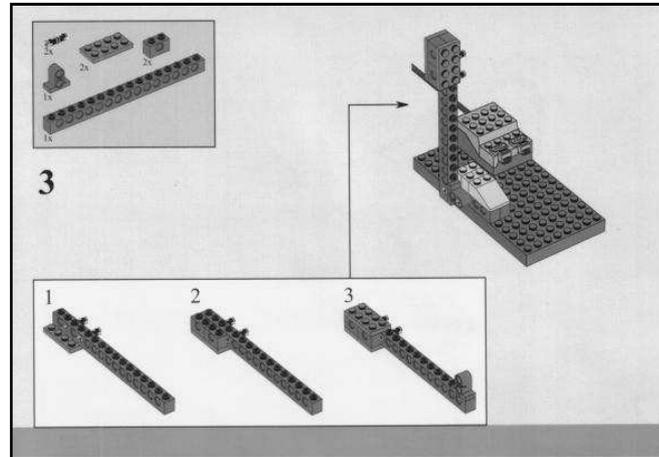


Figura 12: exemplo do guia de montagem dos protótipos

Convém salientar que essas atividades foram planejadas pelas professoras durante encontros de planejamento das atividades, com base nas sugestões do material do Globot encaminhado para os professores e na avaliação da atividade da semana anterior. Essas oficinas aconteciam semanalmente, inclusive nas semanas em que o projeto foi desenvolvido em sala de aula. Durante esses encontros as professoras manifestavam que os alunos estavam “motivados” e que conseguiam “se organizar bem, sem bagunça, apesar da agitação” (sic.).

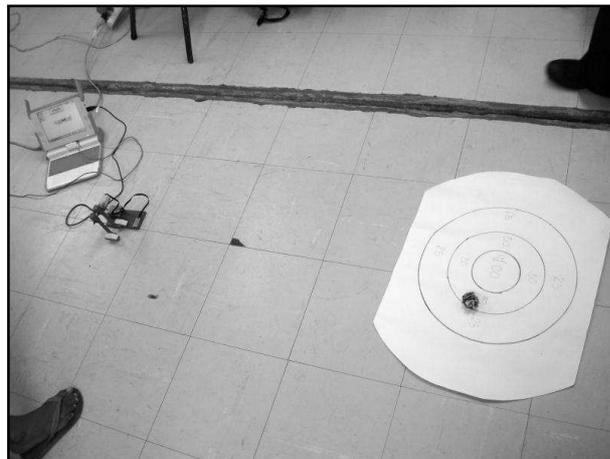


Figura 13: jogo de acertar a bola no alvo com o chutador

As professoras relataram que sentiram falta de explorar melhor alguns temas de sala de aula, questões pedagógicas, pois o tempo não estava sendo suficiente. Assim, para que pudessem explorar melhor os modelos, as professoras de 4ª série decidiram que, na semana seguinte, não iriam passar para a construção do modelo seguinte, mas que iriam explorar com os alunos formas de quantificar os resultados da observação do protótipo. Uma das professoras comentou que gostaria de explorar o conceito de média com os alunos. Elaboraram, assim, um jogo que envolvia a contagem de gols, defesas, pontuação dos chutes e a extração da média aritmética desses gols. Decidiram que essa atividade aconteceria a partir dos modelos do “goleiro” e do “chutador”. Para o chutador, desenharam um alvo que, conforme o local onde a bola parasse, somaria mais ou menos pontos (Figura 13).

duplo chutador	chute	soma dos pontos	Média ÷
M	1000 900 1000 900 1000 1000 900 1000 1000 900	1000 900 1000 900 1000 1000 900 1000 1000 900	
M	1000 900 1000 900 1000 1000 900 1000 1000 900	1000 900 1000 900 1000 1000 900 1000 1000 900	
M	1000 900 1000 900 1000 1000 900 1000 1000 900	1000 900 1000 900 1000 1000 900 1000 1000 900	
R			
R			
R			

Figura 14: tabela construída pelos alunos para registro dos resultados do jogo

Para o jogo do “goleiro”, os gols eram anotados conforme o placar das rodadas. Para ambos os jogos, os alunos criaram tabelas (como na Figura 14) para registrar os resultados e para posteriormente apresentar à professora. Em um dos depoimentos as professoras comentam:

O tempo passa rápido e percebemos a satisfação das crianças na aula de robótica. É muito cansativo para o professor mas muito gratificante. [...] A aula foi até às 15h50min e os alunos queriam continuar. [...] Os grupos gerenciam seus conflitos, elaboram regras e discutem os questionamentos e as observações. A aula fica interativa, participativa... Que movimentação diferente! (GON, sic.)

Algumas queriam continuar montando as outras propostas do livro. [...] Os alunos continuam vibrando muito com as atividades na robótica (TIS, sic.)

Um fato interessante que as professoras notaram no dia dos jogos é que os alunos ficavam “empurrando a tarefa de anotar os pontos um para o outro” (sic.), além de muitos não entenderem exatamente o objetivo da tarefa. Uma das professoras fez a seguinte pergunta aos alunos: “*Quem tem mais média é quem tem mais ou menos pontos? Por quê?*” (sic.). Ela obteve respostas variadas, mas a maioria respondeu que “*nem sempre quem tem mais pontos tem mais média*” (sic.). Elas avaliaram como positivo o fato desse tipo de atividade mostrar as dificuldades que os alunos têm em termos de compreender o que estão aprendendo em aula.

Durante as quatro semanas de atividades em sala de aula com o Globot, montando os protótipos a partir dos modelos do livro, a equipe de pesquisa, em alguns momentos, intervinha com questionamentos a fim de avaliar o entendimento que os alunos estavam fazendo em relação ao que estavam montando. Mesmo após a leitura do problema proposto no livro de atividades, ficava muito vago para os sujeitos o que exatamente o modelo iria realizar. Por exemplo, afirmavam que o chutador iria “chutar”, mas não sabiam explicar, através da figura no livro, como isso aconteceria. Após montar o programa que controlaria o protótipo, e vê-lo executando as tarefas, também não sabiam explicar como o programa fazia isso.



Figura 15: programa que controlava o chutador apresentado no livro de atividades

Um exemplo que esboça bem a falta de entendimento sobre o funcionamento do modelo, foi quando se questionou como o programa controlava a perna do chutador. A maioria explicava que era o número que aparecia no programa que determinava o número de voltas. Para os alunos, o número não controlava o tempo do movimento, mas sim a quantidade de voltas da perna (Figura 15). Quando instigados a aumentar ou a diminuir o número indicado no programa, o número de voltas não coincidia, e não sabiam explicar o porquê desse fenômeno. Essa situação se verificou com relação à quase todos os modelos construídos, já que os alunos não haviam entendido a função dos comandos.

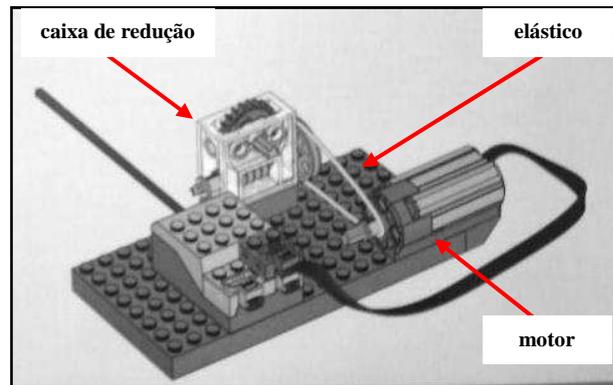


Figura 16: modelo do manual com a etapa de montagem da base do sistema de içamento do gigante

Outra situação aconteceu em relação à montagem do modelo, ao invés da programação. Diante da dificuldade de entender o modelo do livro, uma dupla de alunos solicitou auxílio dos pesquisadores, pois não sabiam o que estava errado. Comparando o modelo do livro (Figura 16) com o que foi montado (Figura 17), percebe-se que o servomotor fora colocado numa posição que impedia que o elástico conectasse o eixo do motor com o eixo caixa de redução. Os alunos só foram perceber após um dos pesquisadores apontar a diferença. Os alunos não souberam explicar a função do elástico, e nem para quê serviria esse esquema de montagem, sabiam apenas se tratar do modelo do “gigante”, que deveria levantar-se.

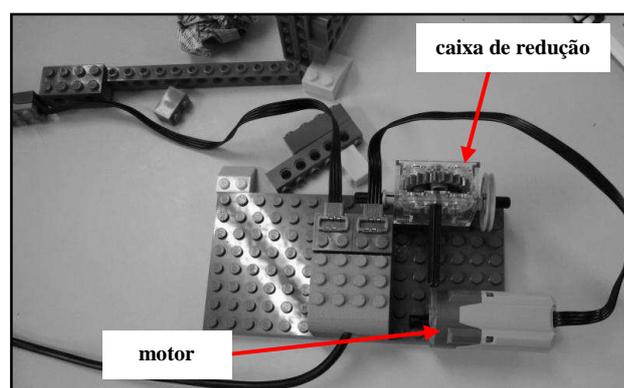


Figura 17: indiferenciação em relação a função do elástico da base de içamento do gigante montada a partir de modelo do manual

Apesar da orientação dada aos alunos ter sido no sentido de seguir as instruções do livro de atividades, não lhes foi dito que não poderiam realizar alterações nos modelos construídos. Essa possibilidade ficara em aberto, para que surgisse espontaneamente.

Principalmente a partir da 2ª semana, quando alguns sujeitos conseguiram se antecipar na montagem e tinham mais tempo de exploração, foi possível perceber algumas produções que diferiam em relação aos modelos do livro.

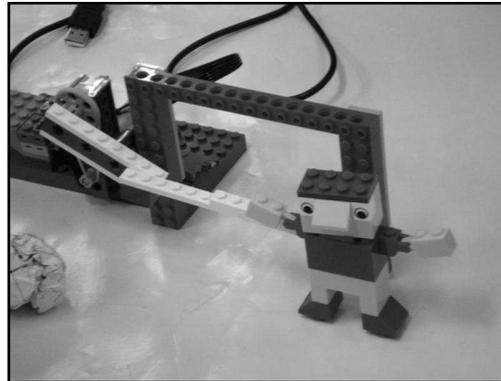


Figura 18: o goleiro montado a partir da sua versão original do manual

Na segunda sessão, duas duplas de alunos efetuaram construções que não estavam nos manuais. No primeiro caso, a dupla havia constatado que o goleiro caía algumas vezes quando se movimentava. Eles constataram que era porque os pés “arrastavam” na mesa (atrito). Dessa forma, colocaram rodas nos pés do goleiro, que passou a deslizar melhor (Figura 19). A questão de o goleiro cair quando se movia foi um “bug” não previsto nos manuais que aconteceu com diversas duplas, mas que somente duas duplas de alunos trataram de resolver, conforme as fotos da Figura 19.

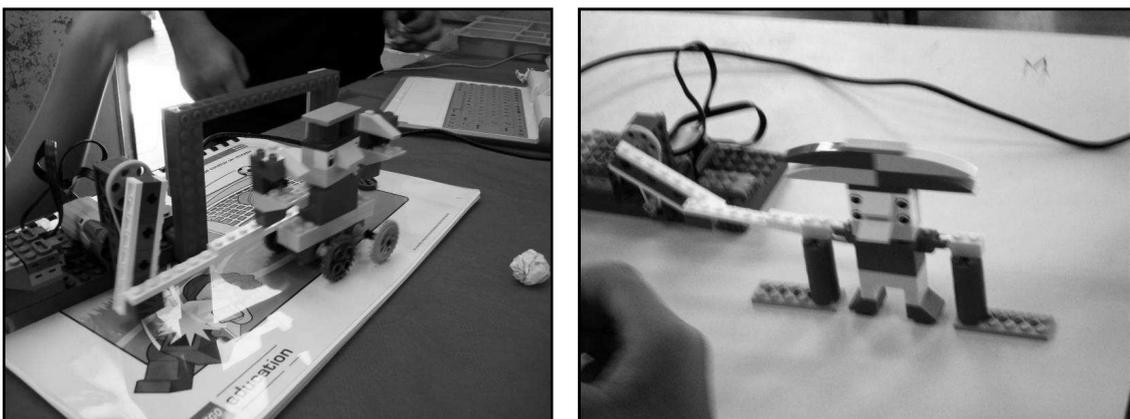


Figura 19: transformações operadas no goleiro em função de processos regulatórios de adequação aos observáveis do objeto

Na primeira, além das rodas, a dupla ainda acrescentou outros elementos, com um chapéu e mãos na forma de “garras”, para simular a “dança do siri” (sic.). Na segunda versão,

a outra dupla acrescentou suportes e um chapéu. Ambas as duplas também mencionaram que dessa forma o goleiro “ficava maior”.



Figura 20: novos personagens para a partida (torcida e “camera man”)

A outra situação de alteração do modelo não se originou em função de um problema relacionado ao protótipo, mas sim em função de que um grupo de alunos queria criar um cenário no qual a partida de futebol se desenvolvia. Assim, utilizando as peças que não foram usadas para a construção do goleiro, criaram alguns personagens como o “câmera” e a torcida (Figura 20).

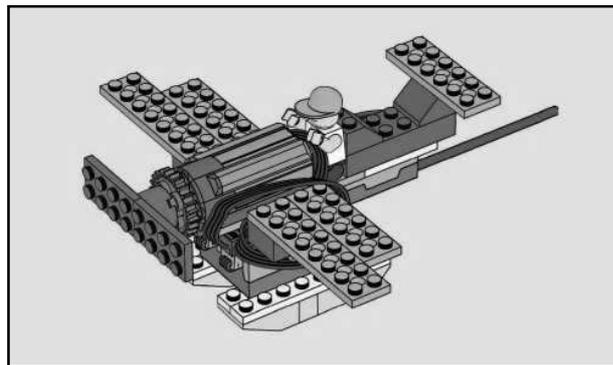


Figura 21: modelo original do avião proposto no guia de montagem

Outra dupla efetuou alterações no modelo do “avião” (Figura 21). A dupla queria acrescentar mais duas hélices no avião e movimentá-las. Assim, criou um sistema de transmissão através do uso do elástico e de polias, conforme a Figura 22. Além das hélices

adicionais, ainda incrementaram rodas e as asas do avião. Cabe destacar que esse sistema de transmissão do movimento do motor utilizando elástico e polia já havia sido utilizado no modelo do “goleiro” anteriormente construído pelos sujeitos, mas com polias de tamanhos diferentes.

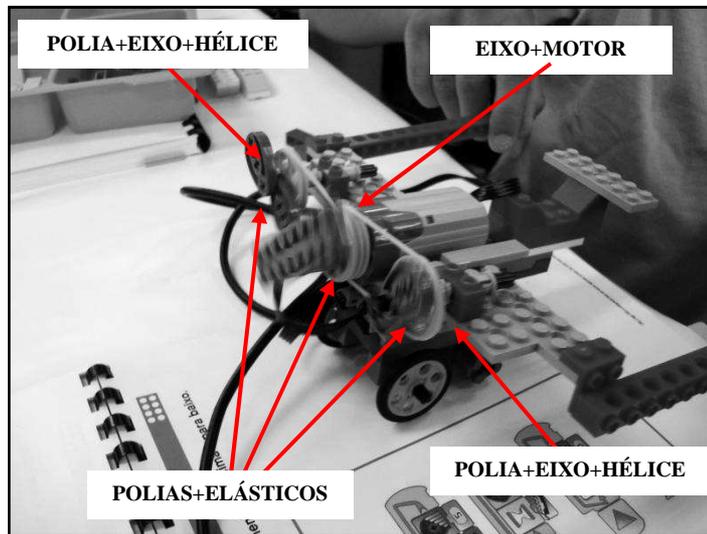


Figura 22: transformações de controle sobre modelo do avião

Na última sessão, uma das professoras propôs aos alunos que construíssem quaisquer dos modelos das revistas, mas que observassem que não poderiam escolher o mesmo modelo que os colegas da sua esquerda. Ao final, deveriam escrever e entregar para a professora uma história sobre o modelo montado. Alguns disseram que gostariam de inventar sua própria história e modelo, e a professora concordou.

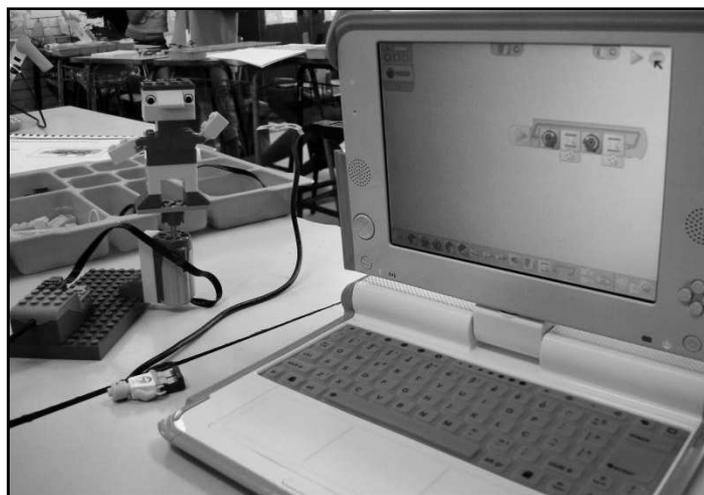


Figura 23: o “dançarino” e a elaboração do programa para fazê-lo dançar

Uma das duplas, ao invés de usar um modelo do livro, resolveu construir um dançarino. Utilizaram o mesmo boneco usado no modelo do goleiro, e se detiveram mais na programação da dança desse modelo. Durante a programação, foi possível avaliar que as alunas não se apropriaram dos elementos da programação. Assim, um dos pesquisadores interveio no sentido de ajudá-las a explorarem alguns comandos isoladamente, a fim de que entendessem sua função. A estratégia adotada foi de solicitar que executassem os comandos isoladamente e analisassem o seu efeito nos movimentos do servo-motor (ex.: executar o comando “girar motor sentido horário” e “anti-horário”, “espera por tempo aleatório”, etc.). Assim, produziram o programa apresentado na Figura 24, que fazia com que o dançarino girasse para um lado e para o outro aleatoriamente, ao mesmo tempo em que soltava uma “gargalhada”. Ao final, quando questionadas sobre a atividade, comentaram que atividade dessa sessão fora mais difícil que às anteriores, quando montavam do manual, justificando que no manual “tinha tudo explicadinho” (sic.).

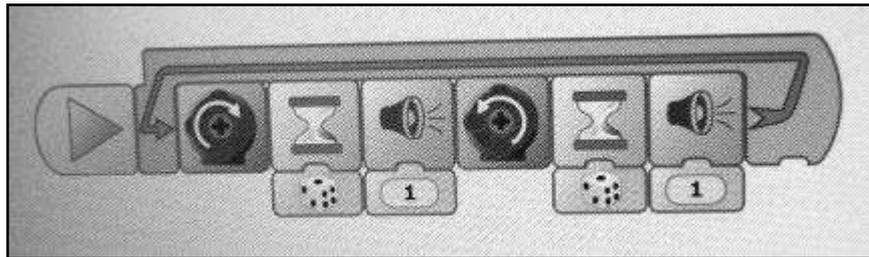


Figura 24: programa que controlava o dançarino

Ao final dessa etapa da experiência, foram coletados alguns depoimentos dos alunos sobre o trabalho de robótica com o Globot na sala de aula. Segue abaixo um trecho da entrevista.

Trecho Entrevista Turma: 41

A1 - *Eu gostaria que a Lego desse aula mais tempo pra gente. Por exemplo, hoje foram duas horas, vamos supor... e aí é muito pouco tempo pra gente, né.*

A1 - *Aí a gente queria que eles dessem outro dia... ou, senão, essa quarta, ficar o dia inteiro, a tarde toda, né só fazendo, pra não precisar ir nos outros dias*

A2 - *É, pelo menos duas vezes por semana*

A3 - *Eu queria a mesma coisa que ela, porque eu achei legal, bastante Lego*

A1 - *Parece um mundo de ferramentas, assim. Bem legal!*

PQ - *Um mundo de ferramentas?*

A1 - *É, que dá pra criar tudo o que tu quiser... e fazer ele se mexer...*

PQ - *O que será que dá pra fazer mais? Já pensaram em alguma coisa?*

A1 - *Ai... avião...*

A2 - *Avião, corpo humano, sei lá...*

A1 - *Eu acho que projeto né, esse negócio de projeto do corpo humano... ia ficar legal, né?*

A2 - *Eu acho que dava pra montar um corpo, né?*

A1 - *Fazer um monte de representação, pra ir mostrando as partes.*

PQ - *Quem sabe uma parte do corpo?*
 A1 - *Se não dá pra montar todo, uma parte.*
 PQ - *Que parte vocês acham que daria pra gente fazer?*
 A1 - *Acho que em primeiro lugar as pernas, né?*
 A1 - *Depois os braços...*
 A1 - *Antes de vir esses kits novos a gente fazia se movimentar só com as rodas*
 A1 - *A gente tem mais a tecnologia... e mais o... mais esse XO 2... que dá pra fazer movimentar... que não precisa de roda*
 A1 - *Tem todos os acessórios que... que são usados.*
 A1 - *Ah, e uma coisa também, que todo mundo disse que o Lego é legal, mas... pra falar a verdade, o Lego não é legal. O Lego é... uma coisa criativa...*
 A2 - *Ele é mais que legal!*
 A1 - *É, ele é interessante, é legal... ele é uma criatividade nova.*
 A1 - *Nunca ninguém teve essa idéia.*
 A1 - *É, que agora é nova mesmo.*
 (...)
 A1 - *Eu nunca pensei que eu ia ter essa oportunidade... que eu tenho agora de estar com Lego, laptop, no colégio...*

5.2.1. Categorização das condutas dos sujeitos na realização de projetos na modalidade M-1

Com base na análise das filmagens (Anexo K), foi possível categorizar algumas condutas dos sujeitos durante a construção dos modelos do guia de atividades e construção do Globot. Convém salientar que não foi realizado um controle da frequência destas condutas, pois o registro foi feito à medida que o pesquisador interagiu com os sujeitos. No entanto, pela observação direta, algumas condutas mesmo não tendo sido registradas em vídeo, puderam ser relatadas pela equipe de pesquisa e pelos professores nos momentos de preparação das atividades. Por exemplo, condutas indiferenciadas com relação aos esquemas da montagem foram bastante frequentes, principalmente em relação ao posicionamento dos pinos de encaixe das estruturas, bem como ao programa que controlava os modelos.

Segue o quadro resumo das condutas evidenciadas, com base nos registros das filmagens e observação direta dos pesquisadores:

Nível	Tipo de conduta	Projeto	Conduta	Clipe
A	Indiferenciação	chutador	indiferenciação em relação à necessidade de encaixe do motor à estrutura da perna do chutador	Indiferenciada01_S01_T31
			indiferenciação em relação ao controle do tempo no programa do chutador	Indiferenciada02_S02_T31 Exploratoria01_S02_T31
		goleiro	indiferenciada em relação ao tamanho do eixo que movia a alavanca do goleiro	Indiferenciada03_S03_T31
			indiferenciada em relação ao movimento não-aleatório do goleiro em função de um <i>bug</i> no HUB do Globot	Indiferenciada04_S03_T31
				Jogo02_S02_T31B Jogo02_S02_T31C

Nível	Tipo de conduta	Projeto	Conduta	Clipe
A	Indiferenciação	Goleiro	indiferenciada em relação ao programa que deveria controlar o movimento aleatório do goleiro	Indiferenciada05_S03_T31
			indiferenciação em relação ao comando <i>display</i> que mostrava a “quantidade de gols” na tela	Exploratoria02_S03_T31
		avião	indiferenciada em relação à descrição no guia do funcionamento do avião	Indiferenciada06_S04_T31
			indiferenciação em relação ao programa que controlava a velocidade da hélice do avião conforme fosse inclinado para cima e para baixo	Exploratoria03_S04_T31
		gigante	indiferenciada em relação ao programa que controlada o movimento da alavanca do gigante	Indiferenciada07_S04_T31
B	Exploração	chutador	exploração do programa que controla o tempo do chute (duração do motor ligado)	Exploratoria01_S02_T31
		goleiro	exploração do comando <i>display</i> que alterava o placar conforme passavam a mão no sensor de presença	Exploratoria02_S03_T31
			exploração do comando que controla a emissão de sons gravados no programa do placar eletrônico	Exploratoria04_S03_T31
		avião	exploração do funcionamento do avião	Exploratoria03_S04_T31 Exploratoria05_S04_T31
			exploração do comando que controla a emissão de sons gravados no programa do avião	Exploratoria06_S04_T31
			exploração do modelo do avião utilizando polias e elásticos	TransfControle02_S04_T31
		B	Jogo	goleiro
transformação efetuada no goleiro, colocando rodas no lugar dos pés para diminuir o atrito	Regulacao01_S03_T31			
rotina para zerar o placar	Rotina01_S03_T31			
rotina de copiar o programa que estava no manual e testar o funcionamento	Rotina02_S04_T31			
B	Transformações de controle	gigante	transformações de controle não compensadas no programa que controlava a alavanca do gigante, revertendo seu movimento para o gigante “deitar”	TransfControle06_S04_T31
			transformações de controle não compensadas em relação ao tempo necessário/suficiente no programa que controlava a alavanca do gigante, revertendo seu movimento para o gigante “deitar”	TransfControle09_S04_T31
C	Reflexão	--	discussão em grupo sobre as relações de causa e necessidades para o funcionamento de alguns modelos	Reflexionamento01_S03_T31

Nível	Tipo de conduta	Projeto	Conduta	Clipe
C	Transformações de controle	gigante	transformação de controle sobre o programa do gigante, fazendo a alavanca reverter o movimento e o gigante “deitar”	TransfControle01_S04_T31
		avião	transformação de controle sobre o modelo do avião acrescentando mais duas hélices ligadas por sistema de polias e elásticos	TransfControle02_S04_T31

Quadro 3 - Condutas evidenciadas nos projetos das séries iniciais na sala de aula na modalidade M-1

5.3. Oficina extraclasse de robótica nas modalidades M-1, M-2 e M-4

Após o término do ano letivo, durante as férias, foram realizadas algumas oficinas de verão para participação espontânea de alunos e professores do ensino fundamental. Uma destas oficinas foi a de robótica. Assim, após receberem o convite, alunos da 1ª a 4ª séries inscreveram-se na oficina e passaram a frequentá-la três vezes por semana, durante três semanas.

A oficina contou com a participação de alguns alunos da fase anterior, e alguns de outras séries que não participaram. Para esses alunos, que estavam entrando em contato com o material pela primeira vez, foi proposto que iniciassem explorando o manual de construção dos protótipos a fim de explorarem os esquemas de montagem das peças (M-1). Em função da quantidade limitada de conjuntos (Globot) o trabalho foi desenvolvido em duplas ou grupos, que contavam com um laptop XO, acesso a internet e ao kit de robótica. Também foram colocadas à disposição dos alunos peças suplementares (ex.: estruturas, hastes, rodas, lâmpadas e motores) retiradas de outros conjuntos para incrementar as construções sempre que as peças que vinham com o kit Globot não fossem suficientes.

Um problema encontrado nessa fase (oficina de verão) foi a troca constante dos grupos de trabalho em função das faltas de alguns colegas, pois muitos dependiam dos pais ou responsáveis para participar da atividade na escola. Por esse motivo, não foi possível montar um quadro consistente das categorias de condutas nessa etapa do projeto, em função da constante variação no número de sujeitos. Assim, as análises apresentadas a seguir foram focadas sobre os sujeitos que participaram da primeira etapa (sala de aula) e seus respectivos projetos. Além disso, a equipe de pesquisa procurou focar a sua atenção naqueles estudantes que conseguiram ter mais regularidade em relação à frequência – participar em pelo menos 80% do total de sessões.

Dos alunos que não participaram da primeira fase, 5 estavam entre a 1ª e 2ª série, e ainda não sabiam ler. Tal fato gerou uma dificuldade inicial em relação ao entendimento sobre

os desafios propostos pelos guias de atividades. A interpretação do problema/desafio apenas através das figuras do manual não foi suficiente. Dessa forma, os alunos passaram diretamente para o guia de montagem, sem ler o contexto proposto pelo desafio. Nessa etapa, muitas das dificuldades de montagem encontradas na primeira fase se repetiram, principalmente em relação à posição dos pinos de encaixe das partes, e os alunos solicitavam a intervenção dos pesquisadores em vários momentos. Um dos alunos abandonou o manual e passou a explorar a construção orientada por seu próprio objetivo.

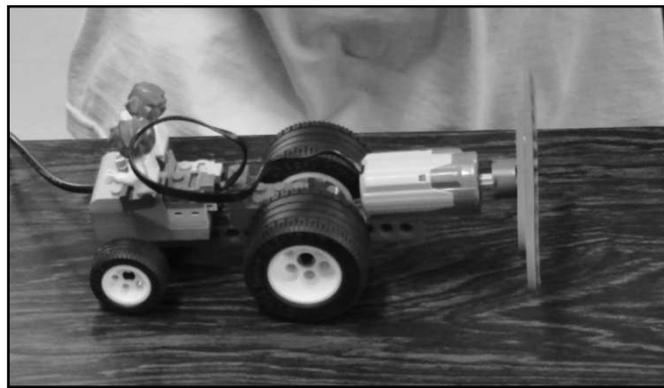


Figura 25: modelo construído durante a atividade de exploração dos materiais

Nesta fase, nas primeiras sessões, os alunos exploraram vários tipos de construções, objetos e programas (modalidade M-4), sem o uso do manual. Nesses ensaios, foram produzidos alguns modelos para testar o funcionamento do motor, como no caso da Figura 25. Essa dupla, que não participou da primeira fase, resolveu construir um carro, e posicionou o motor com umas hélices na parte da frente. Ficaram surpresos que essa montagem não produzira movimento no carro. De qualquer forma, com a intervenção do pesquisador, elaboraram um programa que fazia a hélice girar a fim de explorar as funções dos comandos.

Outra dupla, que também estava construindo um carro, ficou surpresa ao ver que, mesmo acionando o motor através do programa, o carro não se movimentava. O motor fora posicionado (Figura 26) na parte traseira do chassi, mas não havia nenhum sistema de transmissão do movimento do motor para as rodas. Convém salientar que essa dupla havia participado da primeira fase do projeto, construindo vários dos modelos contidos no livro de atividades. Porém, não utilizou nenhum dos esquemas de transmissão que os modelos do livro apresentavam – engrenagens, polias e elásticos.

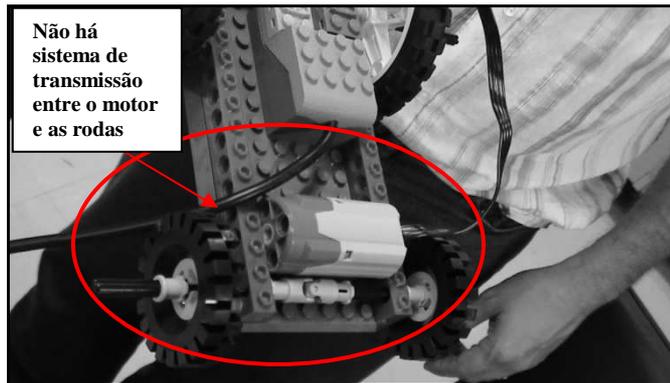


Figura 26: carro construído sem o uso de modelos e sem um sistema de transmissão do motor para as rodas

Porém, um dos alunos, Vin, da 3ª série, que participara da primeira fase do projeto, demonstrou, através de suas construções, apropriação de vários esquemas de transmissão utilizados nos modelos do livro. Esse aluno foi o mesmo que transformara o modelo do avião de uma para três hélices. O primeiro protótipo construído por ele nesta fase foi o do carro (Figura 27), que se utilizava de um esquema de transmissão direta MOTOR→EIXO→RODA. Ao adotar esse sistema de transmissão utilizando 2 motores, encontrou uma limitação do Globot em relação ao controle de dois motores. O HUB não diferencia os motores, de forma que não é possível dar um comando para cada um. Assim, pelo fato dos motores estarem posicionados em oposição um ao outro no chassi, cada roda girava no sentido oposto à outra, o que impedia o carro de se movimentar. A dupla ficou de pensar numa solução para o problema na sessão seguinte.

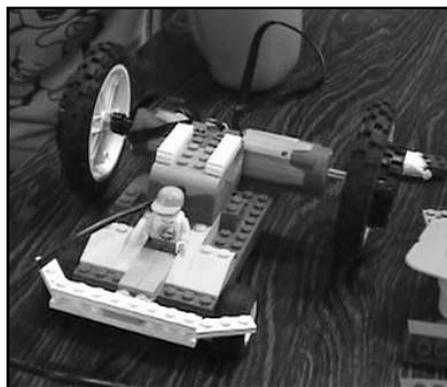


Figura 27: carro elaborado sem utilização de modelo e com sistema de transmissão do tipo MOTOR→EIXO→RODA

Na sessão seguinte, a dupla abandonou o projeto, pois haviam tido outra idéia. Resolveram construir um helicóptero e desmontaram o projeto anteriormente construído. O

novo protótipo foi construído sobre uma base, utilizando dois motores de para mover as duas hélices do protótipo (Figura 28). Após finalizarem a construção do helicóptero, Vin perguntou se poderia pegar o livro de atividades para ver o programa do avião montado na primeira fase. Foi sugerido que ele tentasse primeiro construir o programa sozinho, e, se tivesse dificuldade, a equipe o ajudaria.

Para testar se a mecânica do movimento estava funcionando, Vin acionou o comando para ligar o motor. A hélice traseira não se movimentou, e eles concluíram que “o elástico estava escorregando” (sic.). Assim, acrescentaram mais duas polias entre o motor e a hélice traseira, resolvendo o problema. Satisfeitos com o funcionamento do helicóptero, Vin comentou que já “vinha de casa pensando e desenhando o helicóptero” (sic.).

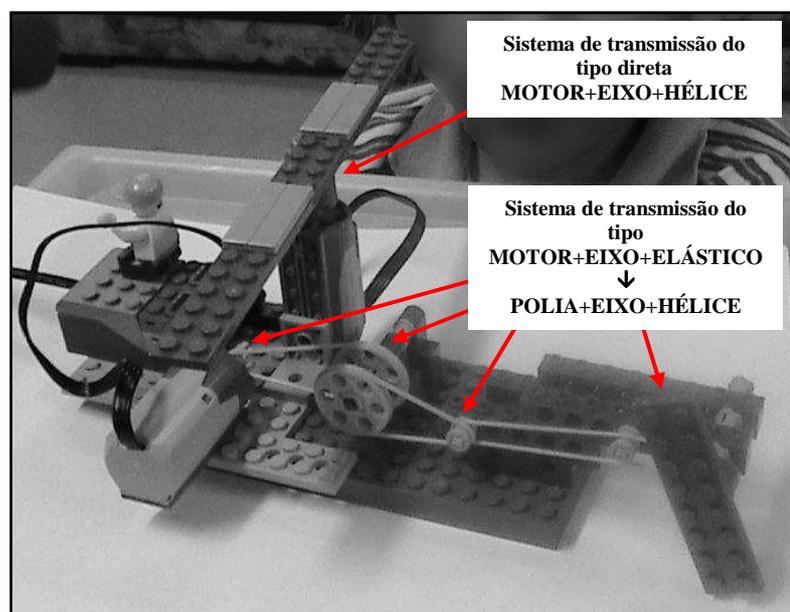


Figura 28: helicóptero construído sem manual e utilizando sistemas de transmissão direta e combinada

Vin comentou que queria que o helicóptero funcionasse da mesma forma que o avião, aumentando e diminuindo a velocidade à medida que se inclinasse o protótipo. No entanto, como estavam usando dois motores, não havia uma porta sobrando para o sensor de inclinação (*tilt*). Experimentaram montar um modelo utilizando um motor e uma caixa de redução, mas as hélices ficaram muito lentas. Então descobriram com outra dupla de colegas que dois motores poderiam ser ligados na mesma porta, o que liberaria a outra para o sensor. Assim, voltou para a utilização do modelo anterior, com dois motores e acrescentaram o sensor *tilt*. Com isso, mobilizaram-se para a programação do helicóptero. Ao invés de montar utilizando o modelo de programa do livro, foi construindo a lógica de funcionamento com

base nas intervenções do pesquisador. Após a construção do programa (Figura 29), Vin conseguiu explicar cada um dos procedimentos envolvidos na programação. Uma prova de que havia se apropriado dos procedimentos da programação, foi que, na sessão seguinte, por não ter pegado o mesmo laptop no qual havia gravado o programa, teve de reconstruí-lo, mas dessa vez conseguiu elaborar todo o programa sozinho, inclusive explicando para alguns visitantes que vieram conhecer o trabalho naquele dia.

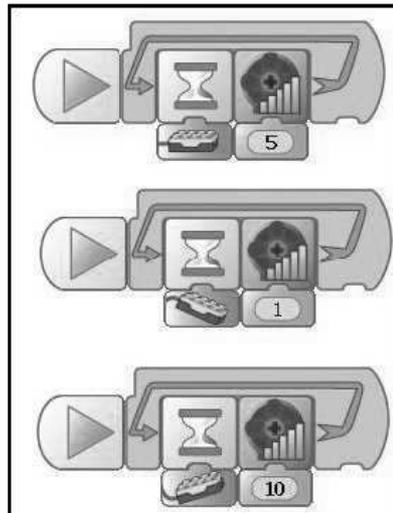


Figura 29: programa que controlava o helicóptero, reconstruído a partir do modelo do avião montado na primeira fase do projeto

Enquanto isso, paralelamente, os colegas das outras duplas seguiam na exploração de vários esquemas de montagem, ensaiando e experimentando formas de movimentar o motor.

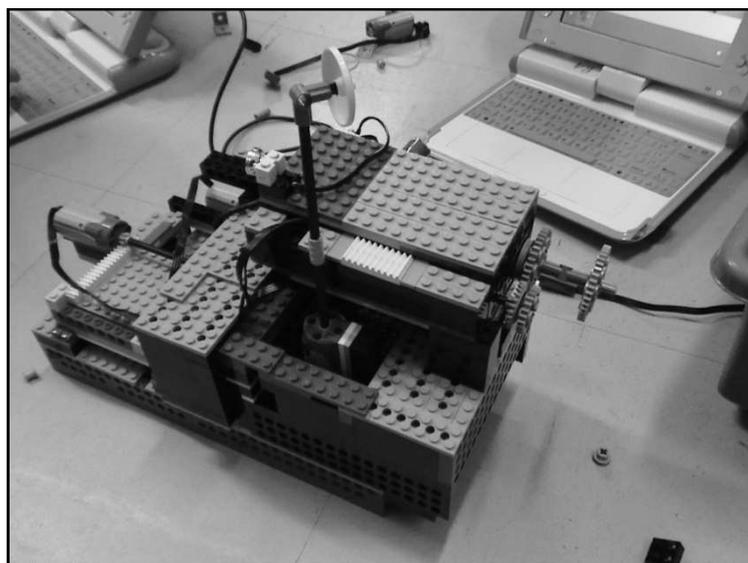


Figura 30: nave construída com diversos motores simulando instrumentos e acessórios

Nas últimas 4 sessões, foi proposto que eles construíssem algo que lhes havia chamado a atenção na TV, nos jornais ou revistas naquela semana. Como havia passado nos jornais uma matéria sobre marcas ou sinais nas lavouras no estado do MS, os alunos se mobilizaram em torno da questão dos UFOs. Assim, após pesquisa na internet sobre o significado das palavras UFO e OVNI, decidiram que iriam construir modelos de naves, jipes lunares (Figura 30 e Figura 31). Com isso produziram algumas naves e acrescentaram alguns mecanismos de movimento de portas e outros simulando radares e painéis solares.

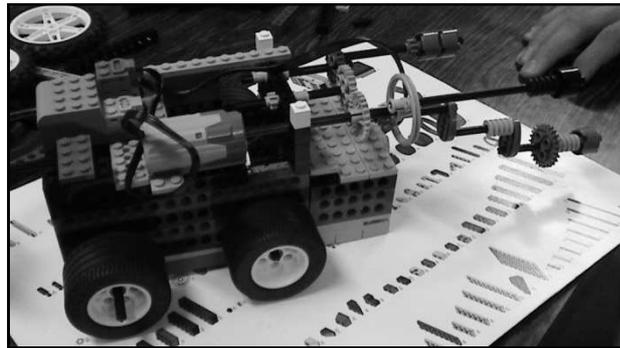


Figura 31: jipe lunar com instrumentos de pesquisa e navegação

Ao final dessas três semanas de atividades, os alunos foram questionados sobre o trabalho, sobre o que mais gostaram de construir. Todos responderam dando exemplos das construções sem o manual, justificando que era melhor porque podiam inventar. Um dos alunos, quando questionados sobre qual disciplina poderia aproveitar esses recursos da robótica em sala de aula, respondeu que seria a disciplina de artes.

Apesar da insistência do pesquisador para que os sujeitos registrassem suas hipóteses e descobertas através de desenhos, esquemas e explicações, os alunos manifestaram muita resistência em fazê-lo. Em alguns casos, ficou claro que a dificuldade com relação à escrita era um limitador para a realização deste tipo de registro. Dessa forma, a coleta de dados ficou limitada aos momentos em que o pesquisador registrava os depoimentos e diálogos dos estudantes em relação aos seus projetos.

5.3.1. Categorização das condutas dos sujeitos na realização de projetos nas modalidades M-2 e M4

Nível	Tipo de conduta	Projeto	Conduta
A	Indiferenciação	Carro 1	indiferenciação em relação ao modo de transmissão do movimento do motor às rodas
		Carro 2	Indiferenciação em relação à necessidade de acionamento do motor em sentidos apostos
B	Exploração	Carro com hélice	exploração da montagem e programação que controla o motor que faz girar a hélice
B	Regulações	Jipe lunar Nave	transformações efetuadas em vários projetos a fim de adequar a montagem à simulação de movimentos e partes dos protótipos
C	Procedimento manipulável com status de primitiva	Helicóptero	Reconstrução do programa do helicóptero com base nas aprendizagens dos comandos e procedimentos realizados na fase I (projetos em sala de aula)
			Construção do sistema de engrenagens que movimentava as hélices com base no esquema aprendido na fase I (POLIA → ELÁSTICO → POLIA)
C	Reflexão	Helicóptero	Programação e explicação do funcionamento do programa que controlava o helicóptero
C	Transformações de controle	Helicóptero	Arranjo dos motores a fim de possibilitar a transmissão do movimento para às hélices do helicóptero

Quadro 4 - Condutas evidenciadas nos projetos das séries iniciais na oficina extraclasse nas modalidades M-2 e M4

6. OFICINAS DE RE NAS SÉRIES FINAIS DO E.F.

Muitas escolas de E.F. iniciam o desenvolvimento de atividades de robótica educacional na modalidade de oficinas extraclasse. Essa modalidade de projetos geralmente reúne estudantes que se inscrevem em turno inverso ao das aulas regulares. Dessa forma, os projetos desenvolvidos acabam por ficar a cargo dos professores e técnicos responsáveis pela oficina, e a maior parte dos projetos não chega a estabelecer vínculo direto com as atividades de sala de aula. No entanto, essa modalidade muitas vezes é adotada nos casos em que não há disponibilidade de materiais (hardware e software) suficientes para atender a demanda de todas as séries, ou quando o interesse por projetos na área ainda é pequeno. De qualquer forma, a criação de oficinas de robótica educacional pode vir a ser um passo importante na implantação destes projetos.

Título do projeto	Anexo	Modalidade
Porta Abre e Fecha	Anexo A	M-1
Cidade	Anexo B	M-2
Coisa	Anexo C	M-4
CartFire	Anexo C	M-1
O carro do futuro	Anexo C	M-1
The Best	Anexo C	M-1
Guincho 1	Anexo D	M-3
Retro Escavadeira	Anexo D	M-3
Guincho 2	Anexo D	M-3
Modelo Inseto	Anexo E	M-1
Perfuratriz	Anexo E	M-4
Guindaste – G2	Anexo E	M-4
TurboCar	Anexo F	M-4
Kza Viva	Anexo F	M-4
Tank	Anexo G	M-4
Escavadeira	Anexo G	M-4
Carro	Anexo G	M-4
Casa Music 7.5	Anexo H	M-1

Quadro 5 - Índice dos projetos das séries finais do E.F.

A seguir será apresentado o detalhamento das condutas dos sujeitos a partir de uma amostra de 7 trabalhos realizados nas oficinas de robótica educacional de uma escola particular de Porto Alegre. Essas oficinas aconteceram no período de 2003 a 2006, e ficavam sob a responsabilidade do presente autor. A seleção desses 7 trabalhos nas modalidades M-2 e

M-4 se deu em função do maior volume de dados produzidos pelos sujeitos, que permitiu um detalhamento maior do desenvolvimento dos projetos. No entanto, com base nos dados coletados da produção dos sujeitos e da observação do pesquisador, foi possível incluir nos quadros de análise as condutas dos sujeitos que participaram de projetos nas modalidades M-1 e M-3. Ao todo foram analisados 18 projetos realizados durante esse período. O número de sujeitos envolvidos em cada projeto variava entre 1 e 4, sendo que alguns sujeitos participaram em mais de um projeto em períodos de realização diferentes. No total, estiveram envolvidos nos projetos aproximadamente 38 sujeitos. Após a apresentação desse detalhamento, será apresentado um quadro geral da análise dos projetos por modalidade.

Convém esclarecer que a definição das diferentes modalidades dos projetos (M-1 a M-4) se dava em comum acordo entre o pesquisador e os participantes da oficina. Era o grupo de participantes que, em última instância, decidia pela realização de uma ou outra modalidade, conforme uma maior ou menor motivação e afinidade dos grupos em interagir, bem como da própria diferença de idades. Por esse motivo, não foi possível ter um mesmo número de projetos realizados dentro de cada modalidade.

6.1. Projeto Cidade: sistema de transporte e sistema hidráulico-fluvial

- Modalidade: M-2
- Período: maio a julho de 2003
- Duração: 12 semanas – total 36h
- Frequência: duas sessões semanais de 1h30min
- Sujeitos: 12 estudantes de 6ª série E.F., 11 e 12 anos de idade

Os estudantes inscritos para a oficina de robótica reuniram-se por afinidade em 4 grupos, com o objetivo de elaborar projetos que atendessem a seguinte condição: os protótipos deveriam interagir entre si.

Os grupos reuniram-se e discutiram suas idéias de construção e interesses. O professor sugeriu aos grupos que, antes de pensar nos protótipos propriamente ditos, pensassem em assuntos que pudessem servir de referência para projetos afins. Dessa forma, surgiu a idéia de construir uma cidade totalmente automatizada, e dessa idéia, surgiram quatro projetos: “Guindaste” e “Teleférico”, representando um sistema de transporte, e “Caixa d’água” e “Moinho”, representando um sistema hidráulico-fluvial.

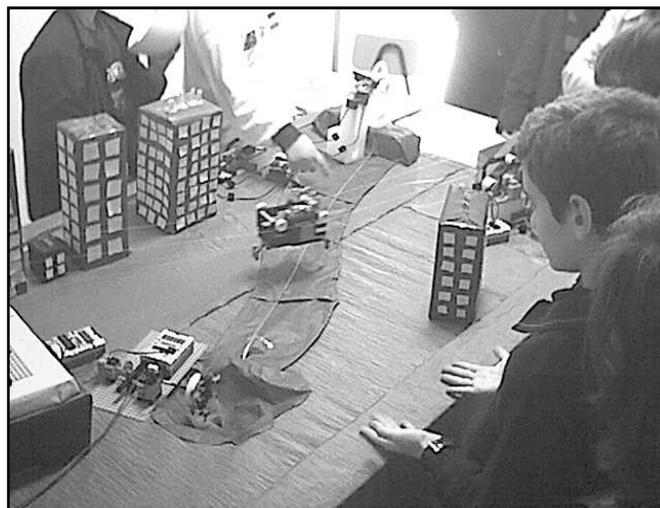


Figura 32 - Projeto “Cidade” durante a apresentação

Convém salientar que, antes desse projeto, os alunos já haviam montado protótipos a partir dos modelos dos manuais do conjunto ROBOLAB 9797 (casa, carro, engenhoca, inseto), e uma parte do grupo já havia explorado a possibilidade de interação entre os protótipos através do dispositivo infravermelho presente nos micro-controladores RCX. Assim, explicaram para os colegas novos como funcionava esse dispositivo a fim de pensarem em como seria a interação entre os projetos.

Definidos os assuntos, cada grupo partiu para a pesquisa na internet de modelos reais de referência para seus projetos, buscando por fotos, imagens e explicações sobre o seu funcionamento. Após essa pesquisa, o professor solicitou que desenhassem à mão ou no programa Paint como seriam os seus projetos, bem como explicassem o seu funcionamento. Somente após esse relato é que passaram a montagem e a programação dos seus protótipos.

6.1.1. O guindaste

Suj.: NAT (11 anos), VIN (11 anos), DIL (11 anos), HEL (11 anos)

Descrição do projeto: *“O nosso guindaste ira funcionar com um motor. O guindaste ficará parado mandando mensagens até que receba uma mensagem de volta. Quando ele receber uma mensagem de volta saberá que o teleférico esta chegando, quando o teleférico chegar a uma certa distância os dois projetos iram fazer suas funções. O guindaste vai esperar o teleférico chegar perto ele vai abaixar seu gancho e pegar a carga que o teleférico estava carregando.”* (Cf. anexo B)

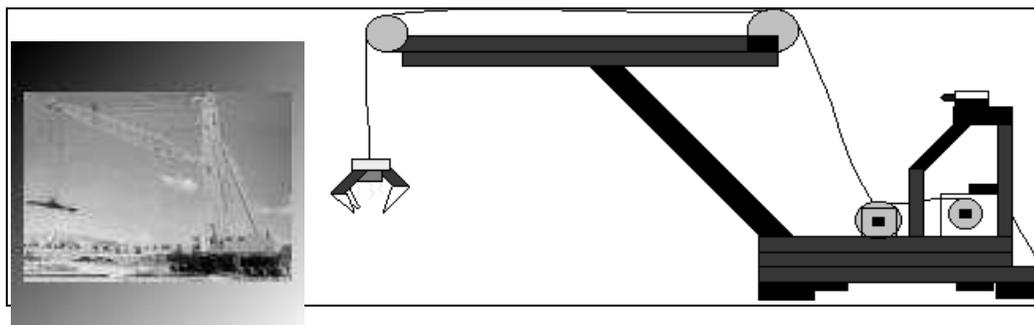


Figura 33 - exemplo de imagem pesquisada e o desenho do projeto

Comparando as imagens de guindastes coletadas pelos sujeitos com o desenho realizado é possível evidenciar alguns elementos presentes em ambos que revelam um entendimento prévio sobre o funcionamento do guindaste, principalmente na representação de cordas e polias (roldanas). Porém, no projeto inicial (C.f. descrição mais acima) os sujeitos pensavam que um motor seria suficiente para “pegar” a carga do teleférico. Mais adiante, discutindo sobre o seu funcionamento em relação ao teleférico, refletiram sobre a necessidade de transpor a carga que seria retirada do teleférico, e, para tanto, a posição do gancho deveria se alterar. Chegaram a conclusão de que deveriam modificar a construção de forma que a base do guindaste se deslocasse após a retirada da carga. Como solução, construíram um “trilho” sobre o qual um dos motores realizaria o trabalho de deslocamento da estrutura. Refletiram também sobre a necessidade de mais um motor para controlar o gancho que pegaria a carga. Porém, em função de não haver mais motores disponíveis para executar outros movimentos, os sujeitos resolveram que o guindaste apenas simularia o movimento de retirada da carga.

Com isso, refizeram a descrição do projeto, conforme consta no seu relatório de atividades: *“O nosso guindaste irá interagir com o projeto do teleférico. O guindaste ficará esperando o teleférico se aproximar. Ao receber uma mensagem que o teleférico está no lugar certo, o guindaste começará a mover sua base á uma certa distância e abaixar o gancho para coletar a carga que o teleférico estará carregando. Ao trazer a carga com segurança, ele ascenderá a lâmpada vermelha e se preparar para fazer tudo de novo.”* (C.f. anexo B, grifo nosso)

A partir do que foi produzido pelos sujeitos, é possível constatar um alto grau de significação entre suas condutas e seus os objetivos. No desenho inicial do guindaste já é possível perceber elementos necessários ao seu funcionamento que permanecem até as etapas finais de montagem. As hipóteses dos sujeitos revelam um nível de reflexionamento que garantiu que os modelos de guindaste estudados e a representação do seu funcionamento

pudesse ter sido usada em seus projetos. No mesmo sentido, o modelo pôde ser ajustado às necessidades atuais do projeto sem que os elementos mecânicos essenciais se alterassem.

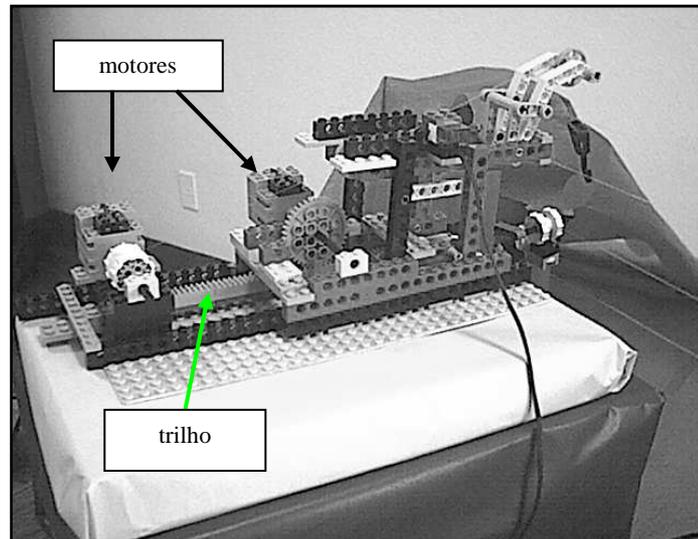


Figura 34 - Versão final do protótipo do guindaste

Outro dado importante que revela o alto grau de coordenação de suas ações foi a construção do programa (Figura 35) que controlava o guindaste. O uso do esquema LED pode ser identificado em várias etapas, e foi utilizado de forma precisa para que o protótipo executasse as tarefas. O motor “C”, ligado na potência 3, executava o movimento de deslocamento da base, enquanto que o “A” realizava o movimento do gancho. Cada comando segue uma seqüência lógica de acontecimentos que só podem ser entendidos se os sujeitos forem capazes de antecipar os resultados. Esse raciocínio na forma de algoritmo é uma forma importante de representação dos fenômenos ou funções do protótipo, e elemento importante para apontar a atividade de programação como fundamental no sentido de provocar a reflexão (causas, efeitos e necessidades) e o reflexionamento (representação do fenômeno) por parte dos sujeitos.

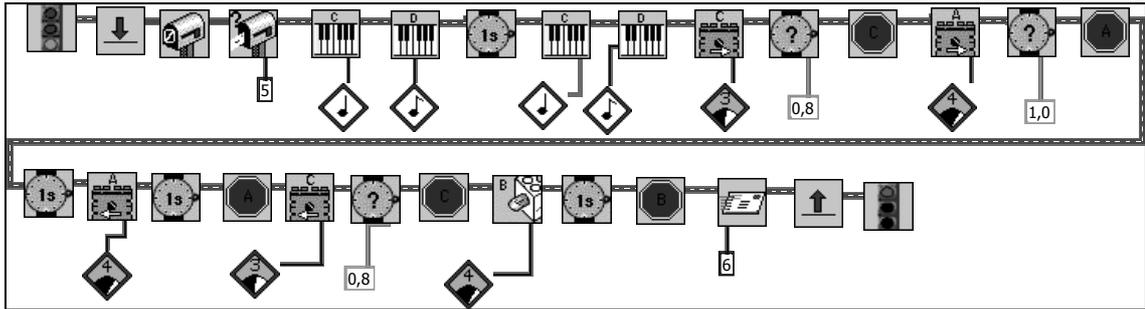


Figura 35 - Versão final do programa de controle do guindaste

6.1.2. O teleférico

Suj.: HEN (11 anos), MAU (11 anos), KES (12 anos)

Descrição: *“Nosso projeto agora é construir um teleférico que ao chegar a segunda estação, ele manda uma mensagem ao grupo A, que construirá um guindaste. O guindaste pegará a carga do teleférico.”* (C.f. anexo B)

Após a pesquisa sobre modelos reais de teleféricos, os sujeitos criaram os desenhos e partiram para a construção do protótipo. A idéia inicial era de construir dois vagões, um para passageiros e outro para a carga, mas abandonaram a idéia em função do número limitado de peças disponíveis. Na pesquisa por imagens reais encontraram apenas modelos de vagões (cabines) do teleférico e nenhuma informação sobre a casa de máquinas. Dessa forma, percebe-se que no desenho da Figura 36 foram representados apenas os elementos externos do teleférico (cabine, roldanas e cabos), e não aparece o mecanismo de controle (motores e sensores). Estes elementos ainda estavam indiferenciados e passaram a ser representados a partir do momento em que surge a necessidade de se mover o teleférico, já na etapa de construção, momento em que passam a inferir sobre a mecânica do sistema que impulsionaria o vagão. No segundo desenho (Figura 37) já se percebe a “casa de máquinas”, mas também de forma indiferenciada, sem apresentar os elementos mecânicos envolvidos no movimento do teleférico.

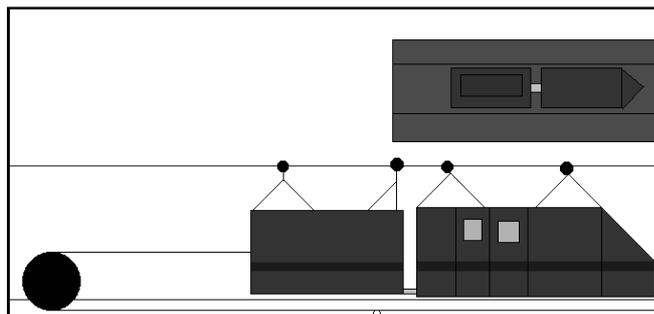


Figura 36 – desenho inicial do projeto teleférico

Os sujeitos, em seu relatório, descreveram o funcionamento do protótipo da seguinte maneira (C.f. anexo B):

“O teleférico funciona com o sensor I.V.(Infra vermelho).Com ele podemos realizar a comunicação entre duas RCX. O teleférico, quando chega na segunda estação, ele envia uma mensagem para o grupo “A”. O guindaste pega a carga do teleférico e depois envia uma mensagem para o teleférico. [...]”

Peças utilizadas pelo teleférico:

- 2 sensores de toque
- 1 motor de nove volts.”

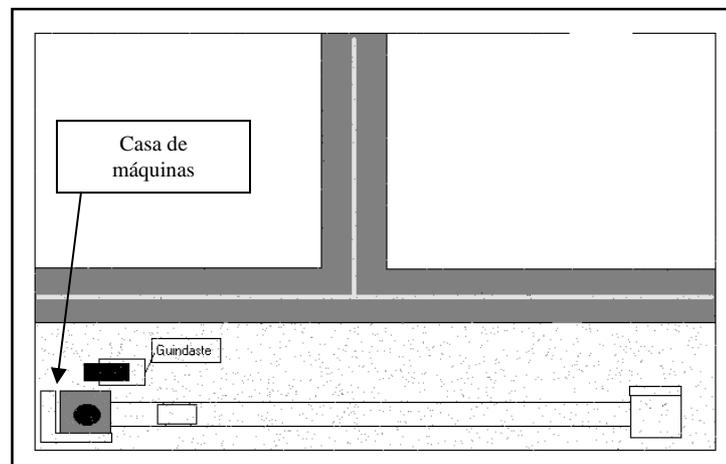


Figura 37 - segundo desenho do projeto teleférico

Na construção do vagão os sujeitos previram que o mesmo deveria equilibrar-se sobre um cabo, conforme as várias imagens que observaram. Porém, como também seria um vagão de carga, a parte superior deveria possibilitar a ação do guindaste, e um cabo central dificultaria a manobra. Assim, os sujeitos optaram por construir um sistema de sustentação usando dois cabos, um de cada lado do vagão (Figura 38), e um terceiro cabo na parte inferior seria responsável pelo movimento do mesmo. Dessa forma, os cabos superiores ficaram fixos, ao passo que o inferior se moveria a partir dos carretéis da casa de máquinas.

Essa constatação de necessidade de um cabo que se moveria surgiu quando discutiam sobre o movimento do vagão. Inicialmente, pensaram que seria necessário dois motores, um em cada lado do cabo. Porém, além de não haver mais motores disponíveis, os sujeitos constataram que, para manter o cabo esticado, os motores deveriam ficar sempre tracionados (ligados) o que poderia provocar danos ao mecanismo (queima dos motores, conforme orientação do professor). O professor interveio perguntando se os sujeitos já haviam visto

como funcionavam alguns varais de estender roupas em edifícios, e os sujeitos passaram a testar um sistema de roldanas que pudesse ser usado no projeto. A partir dessa intervenção, os sujeitos chegaram à construção da casa de máquinas a partir da utilização de apenas um motor e dois carretéis (Figura 38).

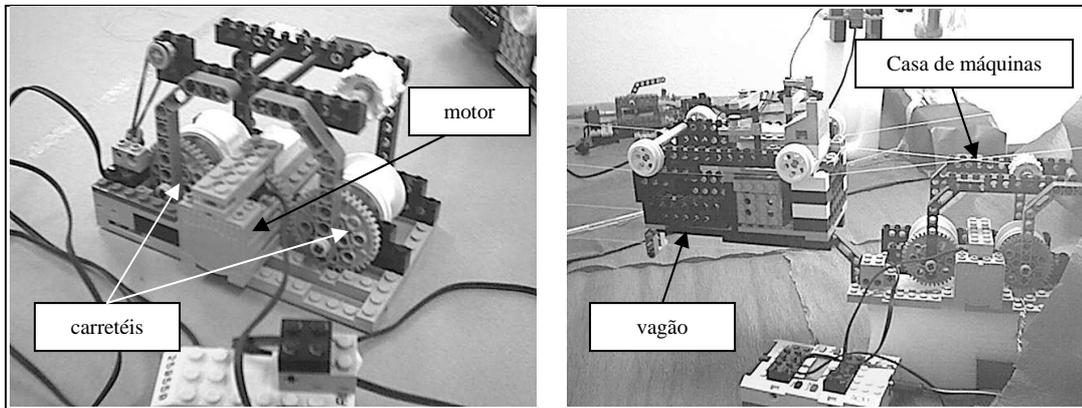


Figura 38 - protótipo da casa de máquinas do teleférico

Interessante observar que os sujeitos não só se apropriaram da idéia do funcionamento do varal, mas, também, adaptaram-na à situação. O posicionamento do motor entre os carretéis proporcionou a criação de um sistema extremamente eficaz, pois fez com que os carretéis se movimentassem em sentidos contrários. Ao mesmo tempo em que uma ponta do cabo era enrolada, a outra ponta era desenrolada, permitindo que o vagão se movimentasse. Esse mecanismo, aparentemente simples, exigiu uma dupla coordenação das ações dos sujeitos, operando ao mesmo tempo com dois sistemas mecânicos inversos. Essa é uma evidência clara de que os sujeitos operam num nível de pensamento reversível, ou seja, cuja regulação ocorreu em relação ao significado de suas ações sobre sistema posto em funcionamento. Nesse caso, a função do motor não representa apenas um movimento, mas dois movimentos complementares e necessários ao funcionamento do sistema. Apesar de não terem encontrado informações na internet sobre o funcionamento de casa de máquinas, o entendimento acerca do modelo do sistema de roldanas foi capaz de sustentar a criação de um sistema adequado à situação que se apresentava.

Na etapa de programação foi observado outro dado interessante que revela o nível de apropriação dos sujeitos em relação ao funcionamento do seu protótipo, bem como acerca do algoritmo necessário à elaboração do programa. A primeira versão do programa apenas acionava o motor e os carretéis a uma velocidade constante até que o vagão tocasse no sensor posicionado nas extremidades de seu trajeto. Porém, os sujeitos constataram que o vagão

partia com muita velocidade, muitas vezes provocando o desencaixe de algumas peças. Dessa constatação, comentaram que os “passageiros” e a “carga” poderiam sofrer algum tipo de dano. Assim, implementaram na estrutura no programa (Figura 39) uma forma de provocar uma ação acelerada do motor “A”, aumentando sua potência (de 2 a 5) gradativamente (intervalos de 0,2s).

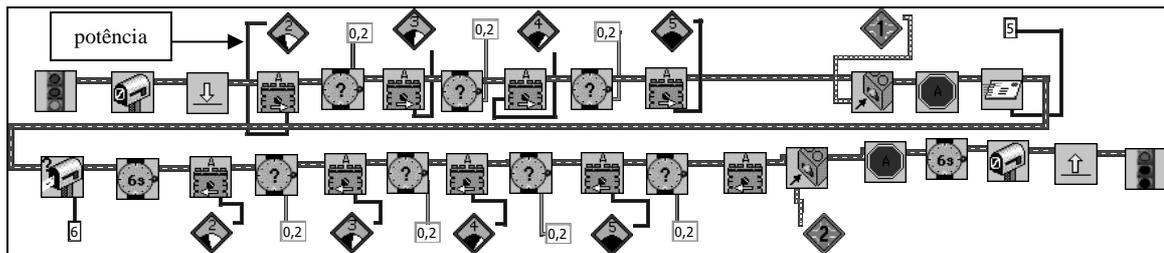


Figura 39 - programa que controlava o teleférico

Tanto em relação ao programa quanto em relação à construção, é possível perceber transformações com alto grau de significação em função da necessidade de controlar seu protótipo, com os sujeitos modificando suas idéias (representações dos fenômenos) de forma ascendente (teleonomicamente) em relação aos fenômenos envolvidos.

6.1.3. A caixa d'água

Suj.: DEB (11 anos), ALEM (12 anos), MAR (11 anos)

Descrição: “*Nós pensamos em fazer uma caixa d'água para fornecer água para a cidade. Quando terminar a água do lago (rio) o moinho (grupo C) avisa a caixa d'água fazendo com que ela abra o reservatório para a água continuar indo para o moinho (grupo C). Quando a caixa d'água ficar vazia ela faz com que o compressor (que está no lençol freático) mande água para a caixa d'água.*” (C.f. anexo B)

Esse grupo encontrou dificuldades em pensar numa forma de interação entre o seu projeto e o dos colegas, principalmente porque seus colegas demoraram muito em decidir sobre o que construiriam. Da mesma forma, encontraram dificuldade de representar como seria o funcionamento desse sistema. Assim, os sujeitos só conseguiram produzir a descrição acima após a etapa de construção, quando exploraram o funcionamento do mini-compressor e o grupo do “Moinho” conseguiu definir melhor seu projeto.

Após realização de pesquisa da internet sobre caixas d'água, os sujeitos coletaram algumas imagens. No entanto, não encontraram nenhuma informação que apresentasse um

sistema de coleta de água, apenas de armazenamento. Nos desenhos dos sujeitos não havia a representação de qualquer mecanismo que indicasse como a água seria levada até o reservatório. O professor interveio perguntando se algum deles já havia visto um aquário em funcionamento. Como apenas um aluno afirmou que já tinha visto, o grupo ficou de observar uma vitrine de uma loja de aquários próxima à escola e tentar entender seu funcionamento. Na sessão seguinte, os alunos haviam observado um aquário, e relataram que, dentre as partes observadas, havia um tubo que “jogava ar” dentro do aquário. A partir da constatação dos alunos, o professor providenciou a aquisição de um mini-compressor na loja de aquários e fez uma demonstração do seu funcionamento, utilizando um pequeno reservatório d’água. O grupo observou o mini-compressor fazendo subir uma coluna de água por uma mangueira plástica e decidiu que o equipamento serviria para o propósito de coleta da água.

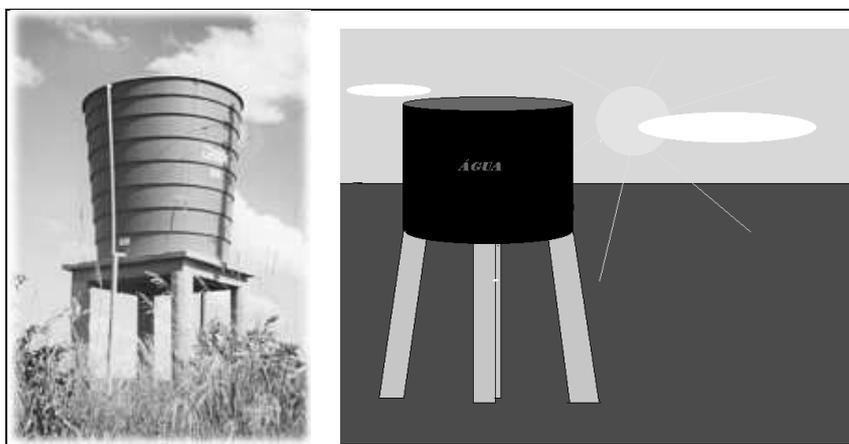


Figura 40 - imagem de caixa d'agua pesquisada e o desenho do protótipo

A partir de então, discutiram sobre como funcionaria o acionamento do mini-compressor, pois se tratava de um equipamento que ficava ligado direto à tomada, e o RCX não poderia alimentá-lo com energia – conforme explicação do professor, pois as voltagens eram diferentes. Por sugestão do professor, foi adquirido um botão interruptor que seria acoplado ao fio do mini-compressor, permitindo que o mesmo pudesse ser ligado e desligado sem necessidade de conectá-lo e desconectá-lo manualmente da tomada.

O problema, a partir de então, passou a ser como fazer com que o interruptor do mini-compressor fosse acionado automaticamente sempre que o nível de água do reservatório baixasse (C.f. anexo B). Novamente, o professor interveio perguntando se alguém do grupo já havia visto o sistema de funcionamento das caixas d’água acopladas a vasos sanitários. Os sujeitos disseram que conheciam, que “*funcionava com uma bóia que parava de encher*”

(sic.). O professor perguntou como esse modelo poderia ser adaptado à caixa d'água e como o RCX poderia “perceber” o nível da água. DEB sugeriu que fosse usado um sensor de toque acoplado à bóia, idéia que o grupo aceitou, passando a estudar uma forma de prender as peças LEGO a um recipiente plástico (garrafa plástica de refrigerante cortada ao meio) providenciado por um dos alunos.

A discussão gerada a partir das intervenções do professor possibilitou aos alunos refletir sobre o problema e delinear melhor seu projeto, permitindo a eles coordenar suas ações com um objetivo. No entanto, não sabiam como iriam fazer para acionar o interruptor. O professor solicitou que eles observassem um dos colegas acionando o interruptor e pensassem numa idéia a partir dessa observação. Um dos colegas acionou várias vezes o interruptor com o dedo indicador, até que os sujeitos combinaram que teriam que construir um mecanismo semelhante que pudesse acionar o interruptor (Figura 41). A primeira versão construída não conseguia manter o interruptor ligado, pois o micro-motor não fixava a posição da alavanca. Assim, na versão final, utilizaram um sistema composto por uma engrenagem ligada ao eixo da alavanca e uma rosca sem fim ligada ao eixo do motor. Dessa forma, a alavanca ficava “travada”, sem necessidade de manter o micro-motor ligado.

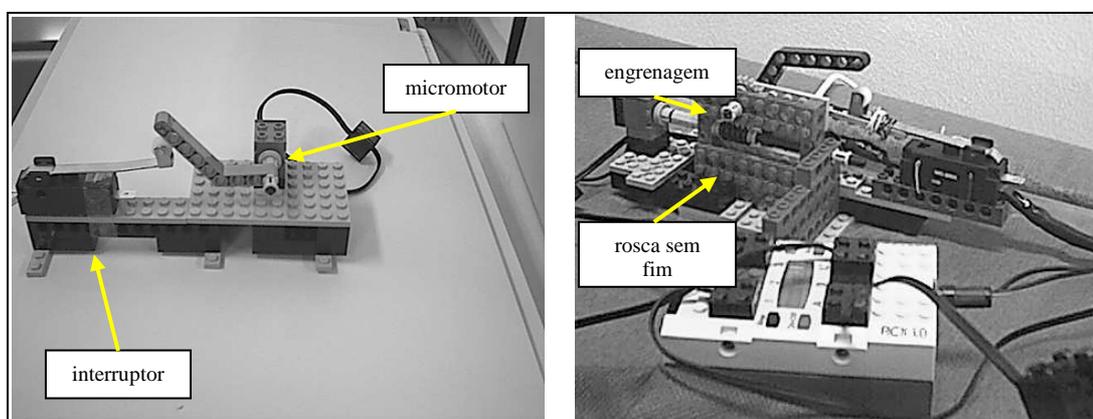


Figura 41 - versões inicial e final do "mini robô" que aciona o interruptor do mini-compressor

Com base nos novos objetivos que surgiram e nos novos modelos estudados, os sujeitos puderam explorar novas possibilidades de realizar seu projeto, produzindo o seguinte relato (C.f. anexo B):

“O projeto se comunicará com o grupo C, moinho. A caixa d'água funcionará com um sensor de toque. Utilizaremos também um micro motor e uma rolha como bóia. Utilizaremos

um interruptor que servira para ligar o compressor da água que fica no reservatório d'água que reabastece a caixa quando é necessário.”

“Como funciona a caixa d'água? Quando a água chega a um nível elevado a ponto de transbordar a rolha sobe e o sensor é pressionado e o compressor para de enviar a água. A caixa d'água serve para fornecer a água para a cidade. Para ligar o interruptor criamos um mini robô que ligara e desligara o interruptor.”

“Usaremos na caixa d'água:

- *Um sensor de toque;*
- *Um mini robô;*
- *Um interruptor;*
- *Um compressor;*
- *Um reservatório;*
- *Um micro motor;*
- *Uma rolha;*
- *Um cano que ligará a caixa no cano.”*

Analisando as duas descrições, inicial e final, é possível perceber que os sujeitos superaram a posição de indiferenciação em relação ao que seria produzido com base na reflexão acerca dos modelos (caixa d'água acoplada e movimento do dedo indicador). A reflexão acerca dos novos modelos, ao mesmo em tempo que abriu novas possibilidades, permitiu que os mesmos fossem perfeitamente ajustados às necessidades que surgiram à medida que o *design* do projeto avançava. E isso foi possível somente após os sujeitos conseguirem definir de forma mais precisa seus objetivos.

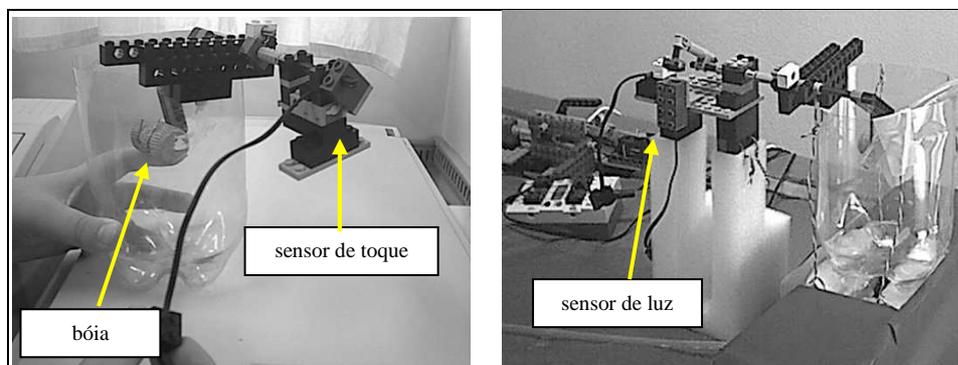


Figura 42 - versão inicial e final da caixa d'água

Os sujeitos ainda realizaram uma última transformação em seu projeto. Na versão original do sistema da bóia da caixa d'água, pensaram em utilizar um sensor de toque para detectar o nível da água no reservatório. Conforme o nível da água subisse, uma alavanca acionaria o sensor de toque. Porém, esse mecanismo estava emperrando o movimento da alavanca em relação ao nível da água. Dessa forma, mudaram o projeto e passaram a usar um sensor de luz, pois, dessa forma, a o movimento da alavanca ofereceria menos resistência à subida da bóia (rolha) conforme o nível da água no reservatório. A versão final do programa também refletiu essa transformação.

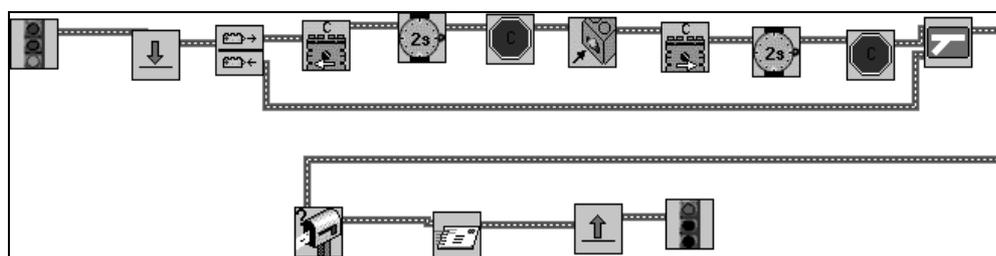


Figura 43 - versão do programa que contralava a caixa d'água usando sensor de toque

6.1.4. O moinho

Suj.: CAR (11 anos), ALEB (12 anos)

Descrição: *“O moinho controla o nível da água detectando quando a água está baixa, avisa o RCX que a água está baixa, o RCX avisa a caixa d'água para que o compressor comece a bombear água de volta para a caixa d'água, quando o moinho mandar uma mensagem é por que a caixa d'água parou de mandar água e ai ela (a caixa d'água) vai puxar a água de volta com ajuda do compressor de água...”*. (C.f. anexo B)



Figura 44 – imagem pesquisada e desenho do moinho simulando o movimento do rio em relação a queda d'água do reservatório

O grupo responsável por construir o moinho encontrou muitas dificuldades até chegar na sua versão final. Foi difícil aos seus integrantes cooperarem entre si, o que ocasionou muitas brigas e a desistência de um dos seus integrantes. Dessa forma, CAR teve que seguir sozinho com o projeto, mas obteve auxílio em vários momentos dos colegas responsáveis pela caixa d'água.

A principal dificuldade foi em delimitar um objetivo que pudesse ser exequível em termos dos limites do conjunto de peças e em relação ao fenômeno que decidiram representar. Inicialmente, a idéia dos sujeitos era fazer com que o moinho detectasse o movimento da correnteza do rio. No momento em que a correnteza parasse, o sistema informaria a caixa d'água que deveria encher seu reservatório novamente. Porém, o grupo percebeu a dificuldade em produzir a correnteza do rio em função do pequeno volume de água que vinha do reservatório. Assim, decidiram que o sistema iria, então, simular o movimento do rio, e o que determinaria o contato do moinho com a caixa d'água seria o tempo. Acrescentaram ao projeto a idéia de também simular uma “mini-usina” de energia, fazendo com que a energia elétrica produzida pelo o movimento do motor acendesse uma lâmpada. Essa idéia surgiu a partir da demonstração de um dos colegas que descobrira que as lâmpadas ligadas aos motores em alta rotação se iluminavam.

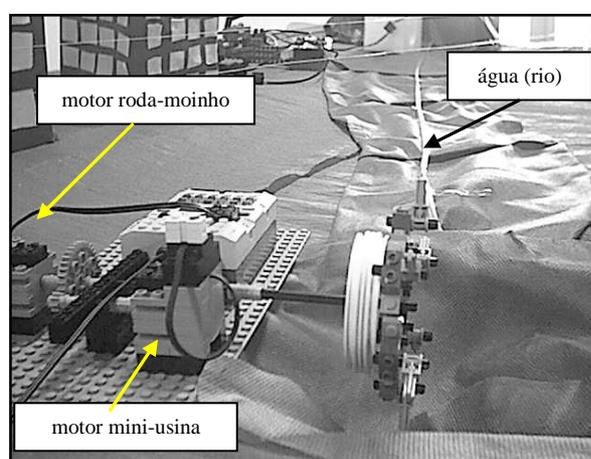


Figura 45 - protótipo do moinho e mini-usina de energia elétrica

Ao final do projeto, os alunos apresentaram seus projetos para pais, familiares, professores e colegas, e essa apresentação foi registrada em vídeo.

6.1.5. Categorização das condutas dos sujeitos no projeto “Cidade”

Para a realização do projeto Cidade, os sujeitos exploraram diversos modelos, pesquisados durante o próprio projeto e pessoais, com base em experiências e hipóteses anteriores. A partir da análise das condutas dos sujeitos foi possível categorizá-las e montar a quadro a seguir. Mais adiante, estas categorias serão discutidas com base nos dados dos outros projetos.

Nível	Tipo de conduta	Projeto	Conduta
A	Indiferenciação	Caixa D'água	não foram representados elementos necessários ao funcionamento do sistema
		Moinho	não foram representados elementos necessários ao funcionamento do sistema
B	Indiferenciação parcial	Teleférico	desenho do projeto sem apresentar os motores (casa de máquinas), apenas as roldanas e cordas
C	Reflexão	Caixa D'água	reflexão sobre os elementos que compõem o funcionamento das caixas d'água acopladas a vasos sanitários, utilizando-se do sistema de controle de nível com uma bóia
		Caixa D'água	reflexão sobre o acionamento do interruptor com base na observação do acionamento manual – simulação do movimento do dedo indicador (mini robô)
		Teleférico	reflexão sobre os elementos necessários para movimentar o teleférico com base no modelo de um varal doméstico, reconduzindo o projeto para a criação do mecanismo da casa de máquinas
		Moinho	reflexão sobre o modelo de geração de energia a partir da rotação do motor
C	Reflexionamento	Guindaste	representação no desenho e na descrição do projeto dos elementos essenciais do guindaste (motor, roldanas e cordas)
		Guindaste	representação do movimento do guindaste no algoritmo do programa
		Teleférico	representação do movimento do teleférico no algoritmo do programa
		Caixa D'água	simulação do movimento do dedo indicador (movimento de alavanca) na criação de um “mini robô”
		Caixa D'água	representação do movimento da alavanca que liga o interruptor a partir do controle do nível da água no algoritmo do programa
		Moinho	simulação da geração de energia com base no movimento do rio sobre o moinho
C	Transformações de controle	Guindaste	construção de um trilho para deslocamento da carga
		Guindaste	regulação do tempo de acionamento do motor operadas no programa
		Teleférico	reposicionamento dos cabos de sustentação e de movimentação do teleférico
		Teleférico	alteração no programa modificando a aceleração do motor na partida do vagão
		Teleférico	composição criativa do sistema de transmissão do movimento das engrenagens da casa de máquinas (Eng.Carretel↑Eng.Motor↓Eng.Carretel)
		Caixa D'água	implementação do controle de nível da água utilizando sensores (toque e luz)

Quadro 6 - Categorização das condutas dos sujeitos no projeto "Cidade" na modalidade M-2

6.2. Projetos diversos

- Modalidade: M-4

- Período: junho a dezembro de 2005
- Duração: 18 semanas – total 54h
- Frequência: duas sessões semanais de 1h30min
- Sujeitos: 6 estudantes de 6ª série do E.F., 11 e 12 anos de idade

Esse grupo de alunos estava participando pela primeira vez da oficina de robótica, e decidiram que não construiriam protótipos a partir de modelos, pois gostariam de inventar seus próprios projetos. Assim, foi solicitado ao grupo que conversassem entre si sobre o que gostariam de construir. Um grupo formado somente por meninas resolveu que iria construir um trailer (*motor-home*), enquanto que o outro grupo de meninos iria construir um carro.

O modo de apresentação dos modelos para o desenvolvimento dos projetos acontecia na medida da necessidade de construção e questionamento dos sujeitos. A intervenção do professor acontecia na forma de indicação de modelos de construções parciais (partes de robôs ou esquemas de montagem indicados nos manuais do conjunto de robótica) ou na forma de observação e análise do funcionamento de um determinado modelo real ou ações corriqueiras (ex.: abrir uma porta, sistema de engrenagens). O processo de construção e apropriação dos modelos em cada projeto será apresentado a seguir.

6.2.1. Projeto “TurboCar”

Suj.: TIA (12 anos), THI (12 anos), THA (12 anos)

Descrição: “*O objetivo do carro era ser inteligente, por isso colocamos 2 sensores de luz nele, para ele poder fazer curvas perfeitas através de uma pista branca.*” (C.f. anexo F)

O grupo resolveu construir um carro, mas não sabiam exatamente como qualificar seu projeto, as características que o carro iria possuir. A descrição acima foi elaborada durante a realização do relatório de atividades, após a construção do protótipo. Essa indiferenciação inicial em termos de objetivos para a construção pode ser explicada pelo fato de os sujeitos estarem pela primeira vez participando da oficina de robótica, e não conseguiam projetar elementos em função de que seus esquemas de referência situavam-se num campo restrito de possibilidades. Dessa forma, o professor sugeriu que explorassem os esquemas de construção, iniciando a montagem do carro para, somente então, incrementá-lo. Assim, os sujeitos passaram a construção do carro sem a utilização de um modelo, usando suas próprias referências.

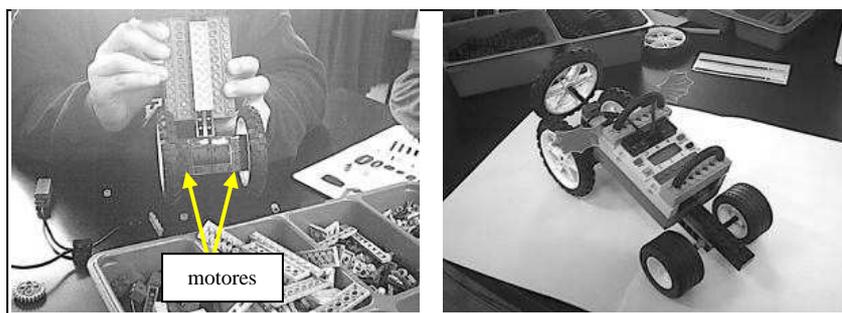


Figura 46 – versões iniciais da montagem do "TurboCar"

Já na primeira versão, utilizaram dois motores, um para cada roda, ligadas diretamente ao eixo do motor, na parte traseira do protótipo. Na parte dianteira, montaram duas rodas em paralelo ligadas por um eixo (Figura 46), e incrementaram o protótipo com outros elementos estéticos. Com base nessa primeira versão, surgiu a idéia de o carro fazer curvas. Porém os sujeitos constataram que o posicionamento em paralelo das rodas dianteiras impedia que o carro fosse “dirigível”, e que somente poderia andar em linha reta. Para resolver o problema, apontaram como solução implementar eixos dobráveis, para que a roda pudesse realizar o movimento de curva. Na caixa de peças, encontraram um eixo articulado e resolveram utilizá-lo na montagem. Porém o resultado não foi conforme o esperado, pois o eixo articulado, apesar de proporcionar a articulação das rodas dianteiras, não era capaz de sustentá-las na posição vertical, conforme se pode observar na Figura 47.

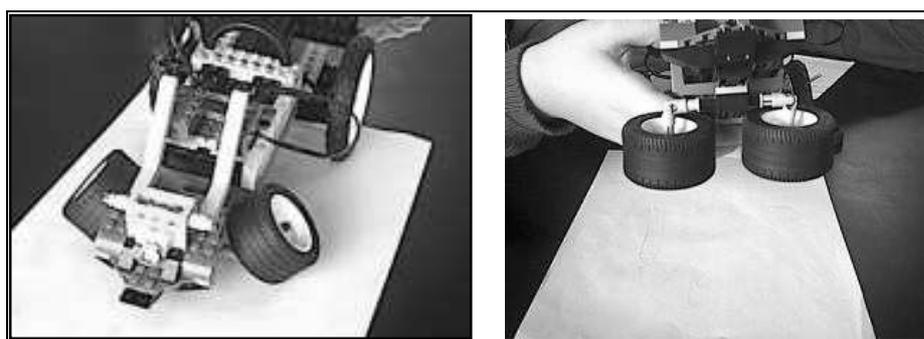


Figura 47 - utilização sem sucesso de eixo articulado em rodas dianteiras

A partir desse momento o professor sugeriu que os sujeitos analisassem o modelo de um sistema de direcionamento contido no guia de montagem do conjunto. Esse modelo usava uma caixa de redução (rosca sem fim acoplada a uma engrenagem), com um eixo perpendicular conectado a uma barra de direção. Através do guia, montaram o sistema e

integraram ao seu protótipo. Porém, constataram que precisariam de mais um motor para controlar o direcionamento das rodas dianteiras. Como não havia mais motores disponíveis, os sujeitos tiveram que remodelar o sistema de tração traseira para que utilizasse apenas um motor. Dessa forma, conectaram as rodas traseiras num eixo comum e reposicionaram o motor de forma a compor um novo sistema de transmissão (Figura 48).

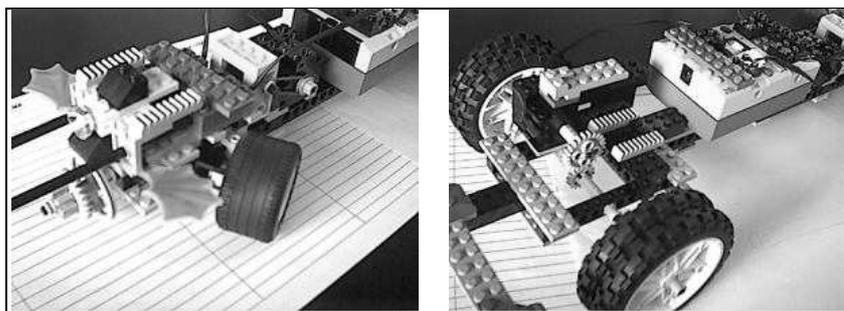


Figura 48 - apropriação de modelo de direcionamento das rodas e criação de sistema de transmissão com tração traseira

Após a construção dessa primeira versão, com sistema de tração e direcionamento, os sujeitos passaram a explorar os elementos da programação. O professor explicou o funcionamento da interface de programação, o ícone de início e fim do programa (semáforos), e que os itens deveriam ser unidos por uma linha, numa seqüência da esquerda para a direita. Em seguida os sujeitos passaram a explorar a função do comando “acionar motor” e “parar”. Um fato interessante que ocorreu nessa fase foi com relação a hipótese dos sujeitos de que a distância na tela dos elementos da programação interferiria no seu funcionamento. Dispuseram na tela, em seqüência, os comandos “acionar motor” e “desligar”. Ao executar o programa, constataram que o motor não chegava a ser acionado, e sentiram na mão apenas uma pequena vibração. Chegaram a conclusão que era preciso ser dado “mais tempo” ao programa antes de desligar o motor. A solução encontrada pelos sujeitos foi de afastar na tela os comandos “acionar” e “desligar” (Figura 49), pois acreditavam que assim haveria um intervalo de tempo maior entre estes.

Essa solução apontada pelos sujeitos foi inferida, constataram a necessidade do tempo, mas desconheciam o comando para tal. Essa inferência foi condição para a abertura de novas possibilidades e apropriação do esquema LED (LIGA → ESPERA → DESLIGA), e os sujeitos se apropriaram dos princípios básicos da interface do programa, bem como da seqüência temporal necessária na estruturação dos algoritmos da programação. Com base nesse esquema

LED, foram desafiados pelo professor a executar diversos movimentos do seu protótipo, retilíneos e em “zigue-zague” (C.f. anexo F).

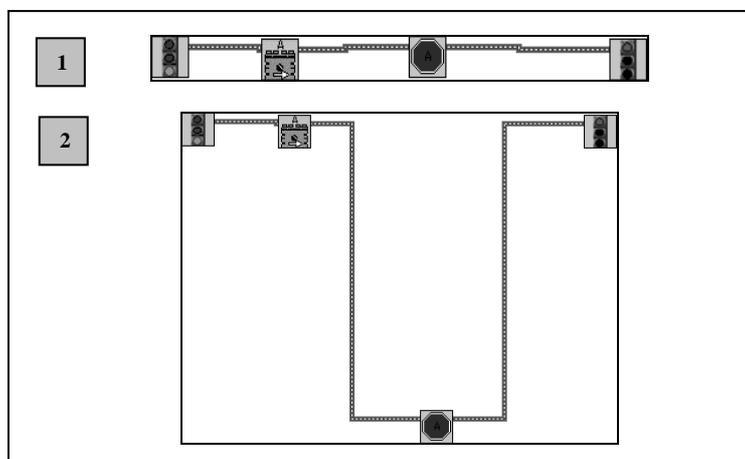


Figura 49 - exploração inicial da programação, aumentando a distância entre os ícones com a intenção de aumentar o intervalo de tempo entre os comandos

A partir desse momento, com a abertura de novas possibilidades pela descoberta dos elementos da programação, os sujeitos passaram a usar o adjetivo “inteligente” para designar seu projeto, conforme consta no seu relatório de atividades: “*Após o carro passar pelo teste e fazer curvas, utilizamos 1 sensor de luz para o carro ser inteligente*” (C.f. anexo F). Um sensor de luz foi posicionado à frente do carro com o objetivo de fazê-lo “seguir uma luz”. Os sujeitos exploraram a programação a partir de movimentos que deveriam ser executadas pelo carro, como virar para a direita ou para a esquerda sempre que ficasse mais claro ou mais escuro. Porém, os sujeitos constataram que seria necessário mais um sensor de luz a fim de que o carro pudesse distinguir de qual lado a luz provinha (esquerdo ou direito). A partir dessa constatação de necessidade efetuada pelos sujeitos, o professor apresentou-lhes o modo de programação multitarefa, que passou a ser explorado por eles.

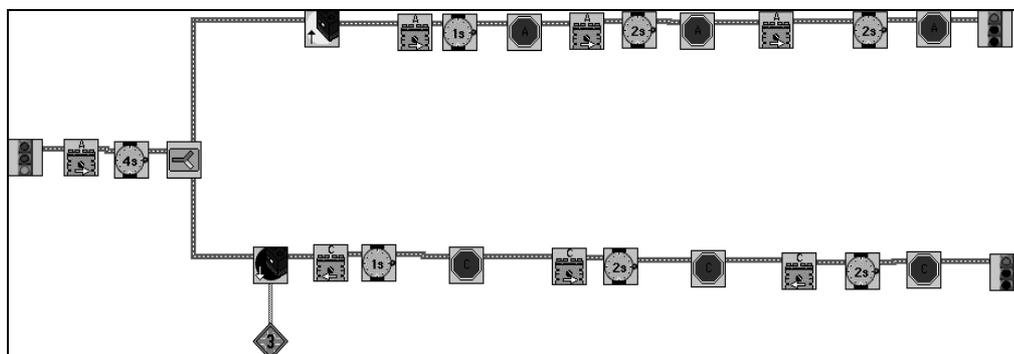


Figura 50 - exploração da programação do "TurboCar" em modo multitarefa

O modo multitarefa de programação revelou a dificuldade dos sujeitos em operar com dois procedimentos simultaneamente. Inicialmente, conforme a Figura 50, acrescentaram a condição “se mais escuro?” do sensor de luz da porta 3 para que as rodas dianteiras fossem direcionadas alternadamente para a esquerda e para a direita; ao mesmo tempo, programaram a condição “se mais claro?” para o motor “A” movimentar o carro de forma alternada, parando e movimentando-se. Os sujeitos acreditavam que os procedimentos colocados em paralelo iriam ser executados de forma encadeada, com os intervalos do motor “A” (tração) e “C” (direção) coincidindo, na expectativa de que o carro andasse em “zigue-zague”.

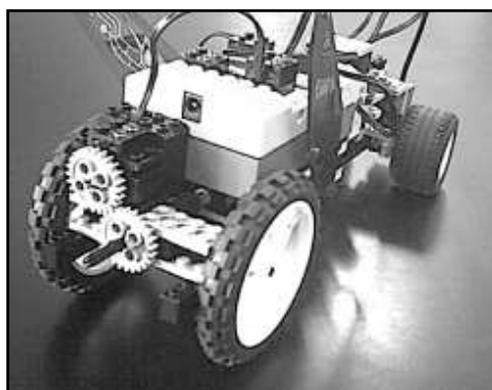


Figura 51 - nova composição de engrenagens para o movimento do "TurboCar"

Porém, isso não aconteceu, e os sujeitos voltaram a usar o mesmo programa utilizado anteriormente com sucesso para o “zigue-zague”, mas desta vez executando em paralelo. Como os programas eram exatamente iguais, apenas alterando qual dos sensores seria

acionado (porta 1 ou 3), quando a condição “se mais escuro?” fosse detectada pelos dois sensores, o carro descrevia uma linha reta, pois os procedimentos acionavam o motor “C” ao mesmo tempo em sentidos opostos, competindo pelo direcionamento das rodas.

Até então, os testes estavam sendo realizados posicionando o carro sobre uma pista improvisada de folhas de caderno. O professor sugeriu que grupo desenhasse uma parte de pista, formando um “S” a fim de testar o movimento do carro. Após a construção da pista, os sujeitos realizaram uma série de testes do movimento do carro sobre ela, alterando elementos da programação (C.f. anexo F, programas versão “Carro Bafo de Dragão”, 10 a 18). Os sujeitos chegaram a conclusão de que o comprimento do carro não permitia que ele “vencesse” as curvas. Essa constatação obrigou os sujeitos a remodelar seu protótipo, tornando-o mais curto, e a afastar mais os sensores de luz um do outro a fim de detectar mais precisamente as “bordas” de cada lado da pista. Também constataram que o carro movia-se muito rápido em relação ao tempo da manobra das rodas, fato que não dava tempo suficiente para a correção da rota de volta para a pista. O professor interveio nesse momento pedindo que analisassem um sistema de engrenagens de diversos tamanhos, e pediu que descobrissem qual combinação reduzia e qual aumentava a velocidade da roda. Com base na observação e testagem desse sistema, chegaram a uma nova composição para o sistema de engrenagens responsável pela tração do carro que o deixava mais lento (Figura 51).

Após essas transformações no protótipo, os sujeitos passaram a dedicar-se em estudar formas de controle do carro, efetuando diversas transformações de controle no programa, principalmente em relação às manobras do carro para manter-se na pista construída (C.f. anexo F, programas versão “Chevette”, 1 a 7). Chegaram finalmente a um programa que consegue representar o movimento do carro “inteligente”, que permanece sobre uma pista branca, fazendo curvas e andando em linha reta (Figura 52). No relatório de atividades, os alunos descrevem o programa da seguinte forma: *“Começa a programação! Passamos para o trabalho 2 ligamos o motor e fim desse programa! Agora a outra parte com uma tentativa de sensores se o sensor ve maior que 35 ele volta ao inicio dessa programação e testa de novo, se ver menor ou igual a 35 passa a testar o outro sensor , que se estiver menor ou igual a 39 faz a curva e depois testa de novo se estiver maior que 35 ele arruma as rodas, e se ver menor ou igual a 35 ele volta a realizar os testes, no final ele pula ao inicio dessa programação e começa tudo de novo!”* (C.f. anexo F)

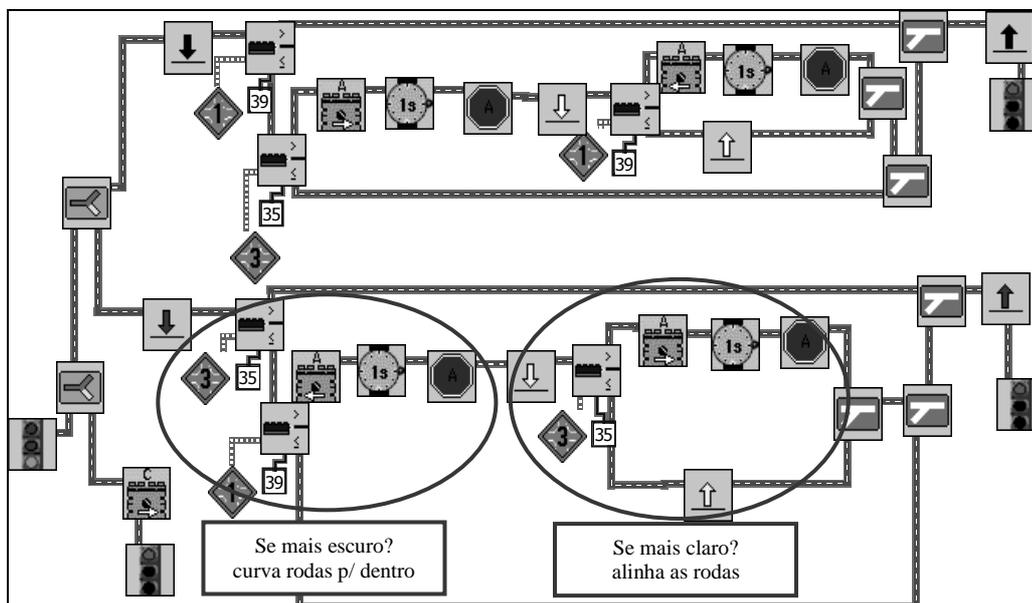


Figura 52 - relatório explicando o funcionamento da versão final do programa do "TurboCar"

Neste processo de construção do programa do carro, um dado interessante de analisar foi a conduta dos sujeitos em relação ao modo de programação em paralelo. Os sujeitos adotaram a estratégia de, primeiramente, programar o controle de um dos lados do carro (sensor direito), para, somente então, aplicar no outro lado (sensor esquerdo). Essa conduta, ao mesmo tempo em que simplificava para os sujeitos o entendimento acerca do algoritmo, gerou um problema que inicialmente não fora detectado pelos alunos. Cada vez que um dos sensores detectava que o carro havia saído da pista ("se mais escuro?"), o motor "A" era acionado para posicionar as rodas num ângulo interno em relação à pista. Ou seja, o sensor do lado direito deveria conduzir o carro para fechar uma curva no sentido oposto (esquerdo). No momento que o carro voltasse à pista ("se mais claro?"), os alunos não haviam criado, nas primeiras versões do programa, um procedimento que realinhasse as rodas. Na programação os sujeitos aumentaram o tempo do motor "A" para 2s (Figura 53), de forma que as rodas viravam o suficiente para compensar o posicionamento anterior. Dessa forma, o carro voltava para a pista mas continuava andando em curva, provocando um "zigue-zague" e muitas vezes a sua saída para o outro lado da pista. Os sujeitos não estavam conseguindo efetuar o reflexionamento necessário para entender o problema, e o professor pediu que eles lessem e interpretassem com uma das mãos cada comando do programa e o movimento que deveria ser

executado, sem o protótipo. A partir dessa ação, os sujeitos constatarem o problema e implementaram na programação um sub procedimento que realinhava as rodas assim que o carro voltasse para a pista, sem necessidade de compensar no tempo do motor “A” e o carro passou a descrever uma trajetória mais constante.

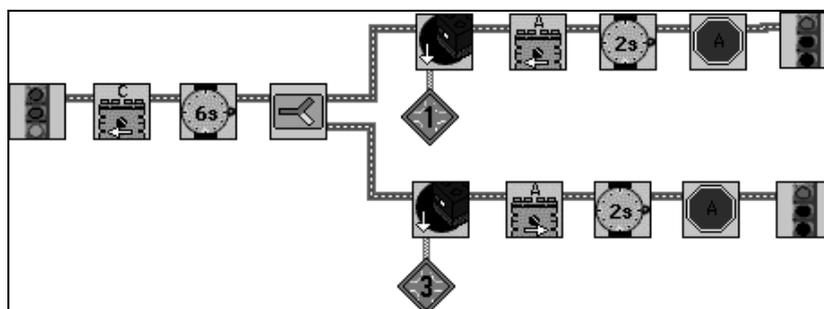


Figura 53 - versão inicial do programa com procedimentos em paralelo e com o tempo de 2s para compensar o alinhamento das rodas

6.2.2. Projeto “Kza Viva”

Suj.: LET (12 anos), TAI (12 anos)

Descrição: “*Projeto Trailer: Quando a pessoa apertar a campainha (sensor de toque) toca uma música e pisca uma lâmpada*”.

Essa dupla de alunas tinham como intenção construir um trailer (*motor-home*) que atendesse a necessidades especiais. Assim, a campainha tocava uma música e acenderia uma luz a fim de que surdos pudessem perceber a chegada de um visitante. Porém, logo em seguida, mudaram de idéia e resolveram criar uma casa, que qualificaram como “viva”.

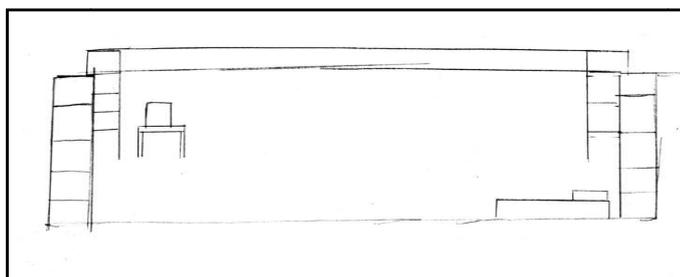


Figura 54 - desenho do projeto "Kza Viva"

Apesar de apresentarem na descrição do projeto alguns elementos do funcionamento da casa (sensor e luz), no desenho estes elementos não foram representados. É possível identificar apenas a representação dos “tijolos” LEGO, uma cadeira e uma cama. Como já foi demonstrado noutros estudos, essa indiferenciação inicial é reveladora, pois indica uma

insuficiência inicial de observáveis do sujeito, portanto, uma indiferenciação em relação ao problema que se apresenta. Com o início da etapa de construção da casa, as partes começam a ser inseridas da mesma forma como no enunciado da descrição do problema. Ou seja, o fato de citarem na descrição o uso de sensores e luzes, não necessariamente indica que os sujeitos tenham uma idéia clara de como articulá-los para o funcionamento do protótipo.

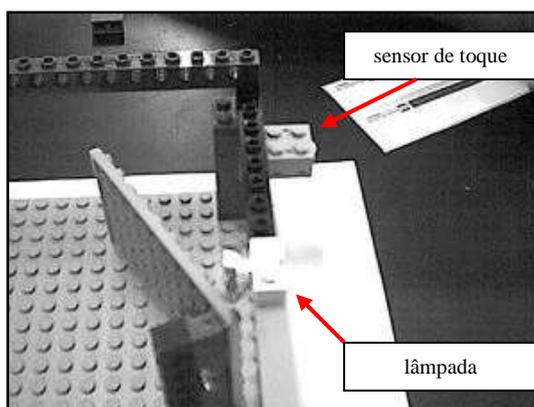


Figura 55 - posicionamento inicial do sensor de toque e da lâmpada, mas sem fios

Nesse caso, por se tratar de um primeiro contato dos sujeitos com os conjuntos de robótica, as alunas não haviam explorado qualquer tipo de construção, nem usado elementos como sensores, luzes, motores, e nem sequer programado o seu funcionamento. Dessa forma, a primeira montagem dos sujeitos ficou no nível da construção (encaixe de peças) e posicionamento das partes, de forma a atender algumas necessidades mais imediatas. O sensor de toque foi posicionado para fora da casa (função de campainha) e a lâmpada virada para dentro, ambos posicionados próximos à porta (Figura 55), porém sem qualquer tipo de conexão (fios) com o RCX.

O professor sugeriu que elas iniciassem a programação de forma a explorar o funcionamento da lâmpada. Iniciaram com um procedimento simples com o esquema LED (liga lâmpada → espera 5s → desliga a lâmpada). Testaram diferentes tempos de espera para a lâmpada, até produzirem um programa que, após pressionarem o sensor de toque, tocava dois bips e fazia a lâmpada piscar três vezes (Figura 74).

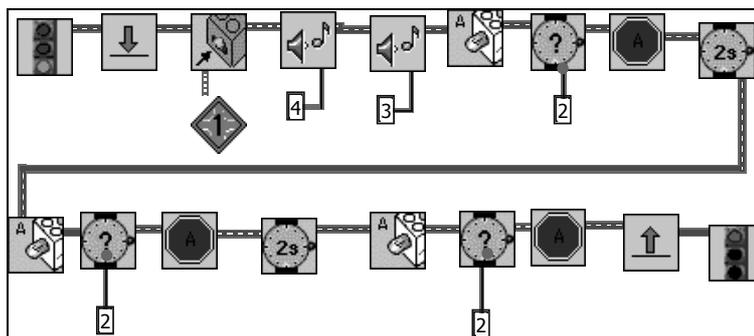


Figura 56 - programa inicial da "Kza Viva" com base no esquema LED

O projeto inicial fora implementado com sucesso e em apenas 4 sessões (6h). Além disso, acrescentaram outros elementos na casa para representar móveis e eletrodomésticos. O professor perguntou o que mais poderia ser incrementado na casa para deixá-la mais “viva”. Após conversarem entre si, decidiram implementar uma porta automática. Questionadas sobre o que seria preciso para essa implementação, as alunas disseram que seria necessário um motor. Mais uma vez, da mesma forma como na montagem inicial, pegaram o micro-motor na caixa de peças e encaixaram próximo à porta, sem elaborar qualquer sistema de transmissão do movimento do motor (Figura 57).

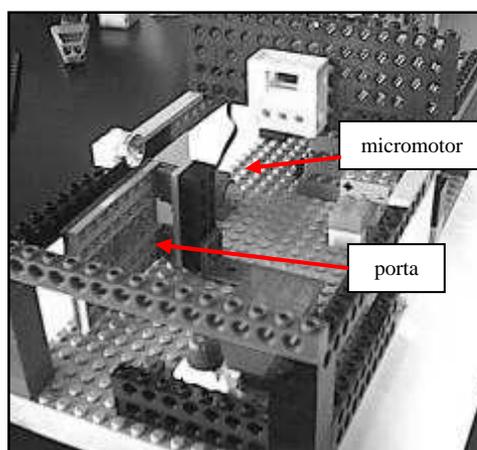


Figura 57 - encaixe do micromotor próximo à porta sem elaboração de sistema de transmissão do movimento

Porém, dessa vez conectaram o motor com o RCX através de um fio à porta “C”, da mesma forma como ficaram conectados a lâmpada e o sensor de toque em suas respectivas portas (“A” e “1”). Questionadas sobre como fariam para fazer a porta abrir e fechar automaticamente, as alunas disseram que não sabiam como fazê-lo. Questionadas sobre como

se abria uma porta, ambas disseram que deveriam usar a mão. Ao invés de buscar algum modelo de construção no manual, o professor dessa vez solicitou que elas realizassem uma experiência. Pediu para uma das alunas abrir a porta do laboratório enquanto a outra deveria observar atentamente. As alunas repetiram o processo algumas vezes, alternando entre elas. Após refletirem sobre os processos envolvidos no movimento de abrir a porta, decidiram que deveriam construir um “braço” para abrir e fechar a porta.

Inicialmente, construíram uma alavanca ligada ao motor por um eixo, mas, ao acionar o motor, o movimento da alavanca abria muito pouco a porta, trancando-a ou até desencaixando o motor da estrutura. O professor interveio novamente, solicitando que elas observassem novamente a colega abrir a porta. Porém, dessa vez o professor pediu que a aluna abrisse a porta sem dobrar o braço e sem sair do lugar. Os sujeitos constataram o mesmo problema que acontecera no protótipo, a porta abria muito pouco, e concluíram que “o braço tem que dobrar”. Assim, as alunas remodelaram o sistema, acrescentando uma articulação na alavanca, de forma que o movimento de abertura da porta pudesse ser ampliado.

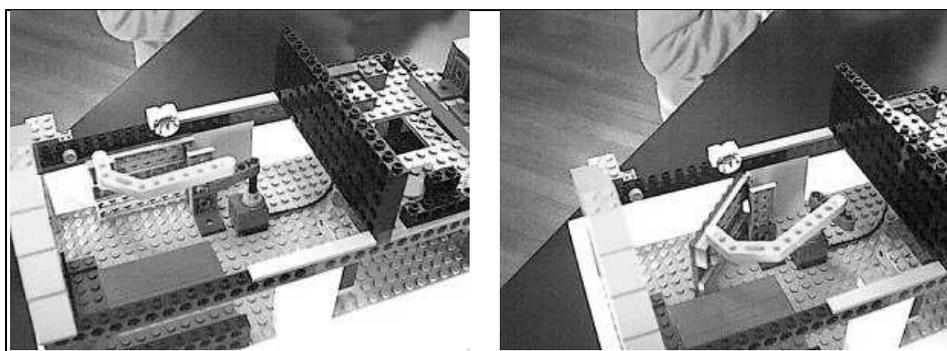


Figura 58 - alavanca articulada representando o movimento do braço ao abrir uma porta

Após a implementação dos elementos mecânicos da porta, acrescentaram no programa o procedimento de controle da mesma (Figura 59). Nesse momento, os sujeitos desenvolveram uma discussão interessante sobre o tempo que a porta deveria ser mantida aberta até que se fechasse. Chegaram ao acordo de que 4s seria tempo suficiente para que uma pessoa entrasse na casa com segurança.

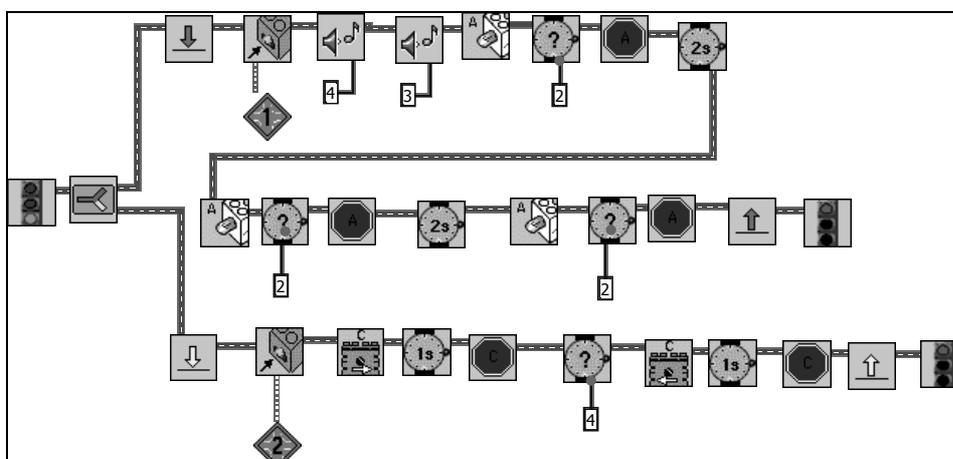


Figura 59 - programa que controlava a campainha e a porta da "Kza Viva"

Após a finalização dessa etapa, as alunas implementaram mais a casa, construindo um segundo andar e uma escada. Porém, como era uma preocupação delas que a casa atendesse pessoas com necessidades especiais, resolveram trocar a escada por um elevador. Acessaram na internet um projeto de elevador hidráulico residencial, mas decidiram que não seria viável em função do pouco espaço que existia na casa. Dessa forma, resolveram utilizar um sistema de içamento, como num guindaste. Do projeto do elevador encontrado na internet, os únicos elementos que aparecem no projeto dos sujeitos são a cabine do elevador e o sistema de cordas e roldanas.

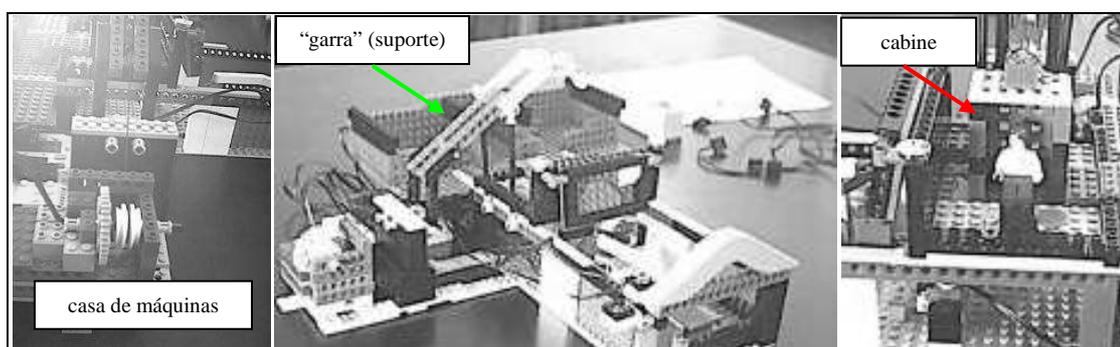


Figura 60 - elevador da "Kza Viva"

Finalizada a construção do elevador, as alunas iniciaram a programação do mesmo. O objetivo inicial era de fazer com que o elevador subisse e descesse ao controle de dois sensores de toque. Uma primeira alteração que realizaram ao observar o movimento do

elevador foi na sua velocidade. As alunas constataram que ele subia e descia muito rápido, mas não tinham idéia de como resolver o problema. O professor interveio, solicitando que elas analisassem um pequeno sistema com duas engrenagens, uma pequena e outra grande, e refletissem sobre as velocidades das mesmas ao girar seus eixos. A partir dessa reflexão, constataram que a combinação de tamanhos diferentes de engrenagens provocava alteração na velocidade do eixo. Assim, implementaram junto ao eixo do motor uma engrenagem menor que a do eixo do carretel que enrolava o cabo do elevador, fazendo com que o elevador se movimentasse mais devagar. Porém, encontraram outro problema. Como não havia dois sensores de toque disponíveis para controlar o elevador (1 era usado na campainha e outro na porta), tiveram de adaptar a casa de forma que o sensor de toque da campainha também servisse para abrir a porta. Para que não ficasse fácil de qualquer pessoa entrar na casa, programaram a casa de forma que seria necessário pressionar 6 vezes o sensor para que a porta abrisse.



Figura 61 - explicação dos sujeitos para o programa que controlava a "Kza Viva"

Dispondo, assim, de dois sensores para o elevador, iniciaram a programação. A maior dificuldade encontrada foi de encontrar o tempo exato para nivelar o elevador no segundo andar. Os sujeitos alteraram várias vezes o tempo de acionamento do motor que fazia subir e descer o elevador a fim de que o mesmo parasse exatamente na linha do piso. Porém, como os

motores utilizados para o projeto não eram de precisão, à medida que os sujeitos executavam o programa do elevador, cada vez aumentava mais o desnível em relação ao andar superior. Para esse caso, o tempo não estava servindo de medida para a necessidade do projeto, pois o motor não finalizava o movimento anterior na mesma posição. As alunas perceberam isso observando que o cabo de sustentação do elevador ficava cada vez mais solto. Constataram que precisavam de uma medida precisa para que o elevador parasse exatamente no nível do piso do segundo andar. Decidiram, assim, que, ao invés do tempo controlar o motor do elevador, usariam o sensor utilizado para descer o elevador. Dessa forma, instalaram o sensor de toque numa posição que detectava a chegada do elevador, desligando o motor em momento mais preciso. Para a descida, continuaram utilizando a medida de tempo até o piso do primeiro andar da casa (2s). No relatório final os sujeitos explicam o funcionamento do programa (Figura 61).

6.2.3. Projeto “Car to Night”

Sujeitos: REN (12 anos)

Descrição: “*O nosso carro vai ser um carro que procura luz e não cai da mesa*”

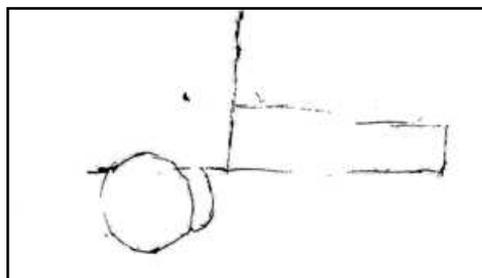


Figura 62 - desenho do "Car to Night"

REN iniciou o trabalho com outros colegas, mas resolveu construir seu próprio projeto. Seu desenho inicial é totalmente indiferenciado em relação aos elementos que irão compor o carro. Mesmo os elementos mais essenciais de um carro, como as rodas e o chassi, não possuem nenhuma forma de integração que revela função. Essa indiferenciação em relação ao funcionamento do carro revela-se na primeira versão construída (Figura 63), cuja montagem apresentou apenas o encaixe de eixos e rodas a uma estrutura primária encaixada ao RCX, mas sem a presença de motores ou sensores.

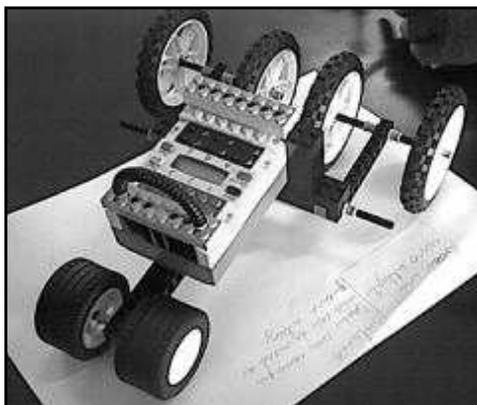


Figura 63 - primeira versão do protótipo "Car to Night"

Ao ser questionado sobre como o seu carro se moveria, REN afirma não saber como fazê-lo. O professor ainda perguntou como o carro iria fazer curvas, e REN também afirmou que não sabia. O professor pede que ele procure no guia de montagem por algum modelo que pudesse ajudá-lo na construção. REN decide montar um modelo de direcionamento das rodas, pois observara esse modelo sendo construído por outros colegas e acreditava que serviria para o seu carro. Montou esse sistema na parte dianteira do carro, conforme se pode observar na Figura 64, sem no entanto implementar nenhum sistema de tração para o carro.

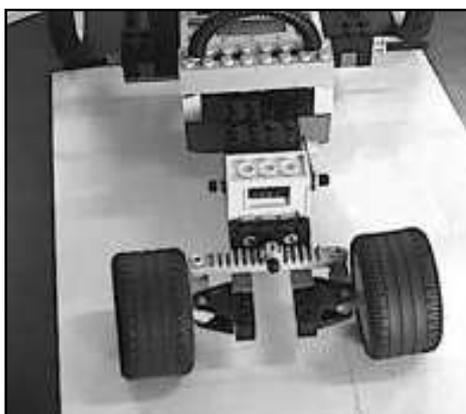


Figura 64 - integração do modelo de direcionamento das rodas dianteiras

O professor pede que REN observe dois modelos de sistema de engrenagens: um com um eixo em paralelo, e um com eixos perpendiculares. A partir da observação desse modelo, o sujeito implementou na traseira do seu carro um sistema de engrenagens (Figura 65) na expectativa que produzisse movimento. Porém, da forma como as engrenagens foram conectadas à engrenagem do motor, cada eixo das rodas girava em sentidos opostos, impedindo o movimento do carro.

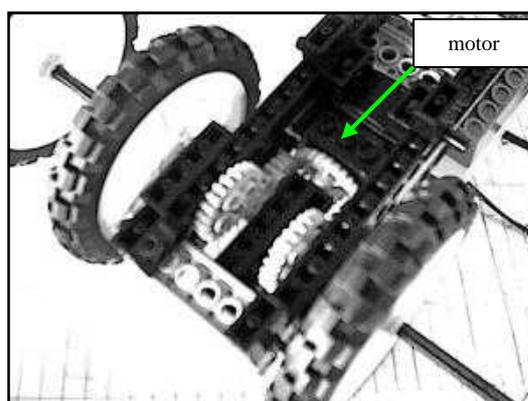


Figura 65 - sistema de tração com movimento das rodas em sentidos opostos

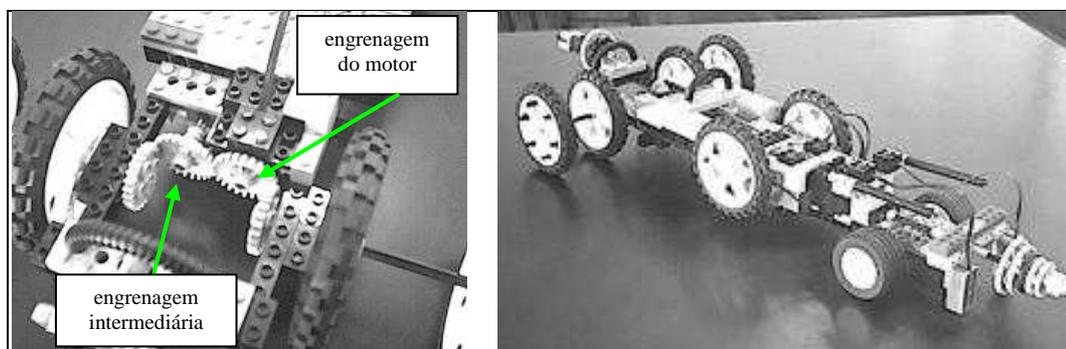


Figura 66 - transformação do sistema de tração a partir da reflexão sobre modelo de transmissão do movimento entre engrenagens e versão do “Car to Night”

REN pode observar e constatar o problema mesmo antes de efetuar a programação, pois estava utilizando uma unidade de baterias para teste que funcionava de fonte de alimentação no lugar do RCX. O professor pediu que REN observasse o movimento das engrenagens para pensar numa solução para o problema, mas apesar de constatar o fato, não conseguiu pensar numa solução. O professor novamente solicitou que observasse um modelo de sistema de engrenagens ligadas em série e analisasse a transmissão do movimento de cada uma delas. Com base nessa análise, REN refletiu sobre a interação entre as superfícies das engrenagens e chegou a conclusão de que deveria acrescentar uma engrenagem a fim de reverter o movimento da outra roda. Dessa reflexão, elaborou um novo sistema de transmissão, conforme a Figura 66.

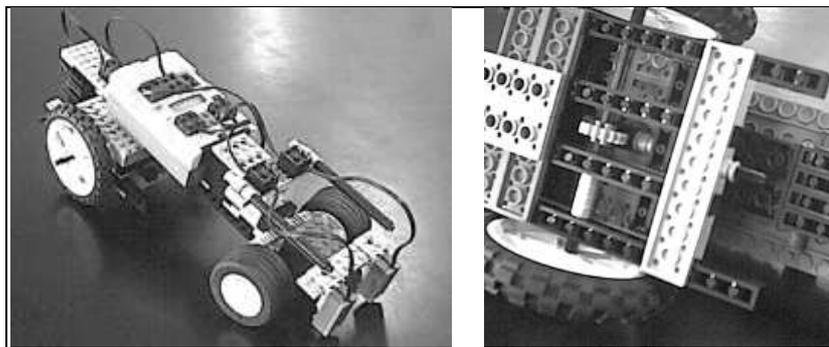


Figura 67 - versão final do "Car to Night" e sistema de tração de menor velocidade

Assim que REN ajustou o sistema de tração, iniciou na programação do carro, explorando diferentes composições do esquema LED para controlar o carro e executar um movimento de “zigue-zague” (C.f. anexo F). Em seguida, explora o funcionamento do sensor de luz com um programa simples que desligava o motor “B” (tração) se fosse detectado que o protótipo saía da pista branca (“se mais escuro... então...”).

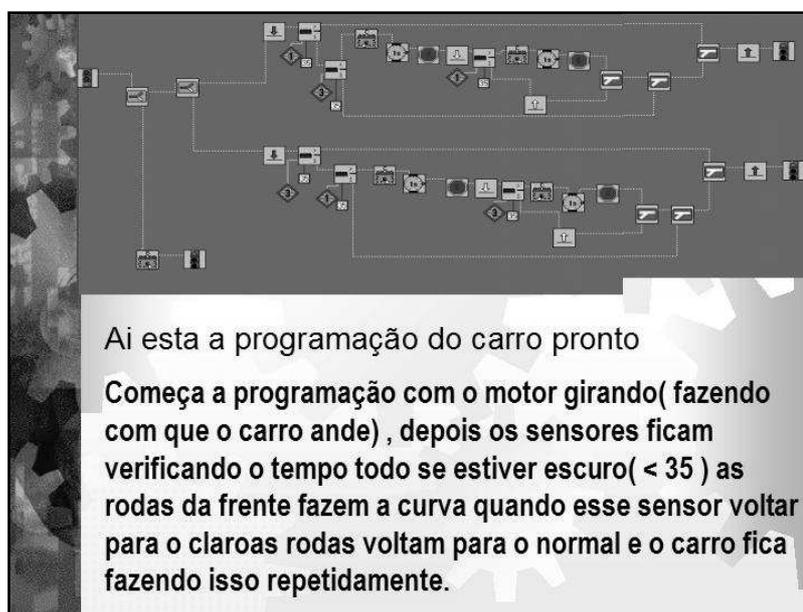


Figura 68 - explicação acerca do funcionamento do programa que controlava o "Car to Night"

O professor explicou para REN que era possível executar dois procedimentos em paralelo na programação ao mesmo tempo, e o sujeito passa a trabalhar utilizando esse modo de programação. Durante a testagem, constatou que o tamanho do carro e a sua velocidade não estavam permitindo que o mesmo vencesse as curvas da pista. Com isto, REN remodelou

seu protótipo, deixando-o menor e modificou o sistema de tração com base num modelo demonstrado pelo professor que utilizava uma rosca sem fim (Figura 67).

A programação final do protótipo aconteceu de forma simultânea a do grupo do “TurboCar”, e ambos os grupos chegavam às conclusões em conjunto com relação às transformações necessárias para aumentar o controle sobre o carro. REN fornece em seu relatório (Figura 68) a explicação do funcionamento do programa de forma a representar com precisão os movimentos que o programa fazia o carro realizar.

6.2.4. Categorização das condutas dos sujeitos nos projetos “TurboCar”, “Kza Viva” e “Car to Night”

Com base nos dados apresentados em relação aos projetos diversificados desse grupo, foi possível elaborar a seguinte categorização das condutas dos sujeitos:

Nível	Tipo de conduta	Projeto	Conduta
A	Indiferenciação	TurboCar	indiferenciação em relação ao sistema de direcionamento das rodas, refletindo-se na montagem do protótipo
		TurboCar	indiferenciação em relação ao problema de compensar o movimento de direcionamento das rodas na programação em modo paralelo
		Kza Viva	apresentação do projeto sem representação dos elementos essenciais para o seu funcionamento
		Kza Viva	indiferenciação em relação à função do motor e a transferência do movimento para abrir a porta
		Car to Night	apresentação de um desenho sem representar as partes essenciais para o funcionamento do protótipo
		Car to Night	montagem do protótipo inicial sem elementos necessários para execução do movimento do carro (sistema de tração)
		Car to Night	indiferenciação em relação à transmissão do sentido do movimento entre engrenagens (EngRoda↑EngMotor↓EngRoda)
B	Atividade exploratória	TurboCar Car to Night	montagem do carro sem um modelo, a partir de diferentes arranjos das peças
	Regulação	Car to Night	transformação da relação de transmissão do movimento entre as engrenagens do sistema de tração (EngRoda↓EngIntermediária↑EngMotor↓EngRoda)
	Regulação	TurboCar Car to Night	redução no tamanho do carro para “vencer” as curvas
		Kza Viva	controle da velocidade do elevador a partir do arranjo de engrenagens (pequena no motor e grande no eixo do carretel)
C	Reflexão	TurboCar	inferência sobre a necessidade de um intervalo de tempo entre os comandos da programação
		TurboCar Car to Night	reflexão sobre a necessidade de diminuir o tamanho do carro para as curvas
		TurboCar Car to Night	reflexão sobre a necessidade de diminuir a velocidade do carro para executar as curvas

Nível	Tipo de conduta	Projeto	Conduta
C	Reflexão	TurboCar Car to Night	reflexão sobre a necessidade de alinhar as rodas ao voltar para a pista
		Kza Viva	reflexão sobre o movimento do braço ao abrir uma porta e a necessidade da articulação
		Kza Viva	reflexão sobre o movimento do elevador e sobre a necessidade de nivelamento em relação aos andares
		Kza Viva	reflexão sobre a relação de velocidade entre engrenagens
		Car to Night	reflexão sobre a relação de transmissão do sentido do movimento entre engrenagens (EngRoda↑EngMotor↓EngRoda)
C	Reflexionamento	TurboCar Car to Night	representação do movimento do carro no algoritmo do programa (uso de condicionais, operações reversíveis)
		Kza Viva	representação do movimento do braço através de alavancas e no algoritmo do programa (uso de condicionais, operações reversíveis)
		Kza Viva	representação do funcionamento do elevador no algoritmo do programa (uso de condicionais, operações reversíveis)
C	Transformações de controle	TurboCar	uso de eixo articulado com vistas a produzir o direcionamento das rodas dianteiras do carro
		TurboCar Car to Night	uso do modelo com caixa de redução para o direcionamento das rodas dianteiras
		TurboCar Car to Night	transformação do sistema de tração traseira utilizando engrenagens e apenas um motor
		TurboCar Car to Night	instalação dos sensores de luz para detectar a pista
		TurboCar	transformação do sistema de tração traseira acrescentando sistema de rosca sem fim para reduzir a velocidade do carro
		TurboCar Car to Night	transformações diversas operadas no programa (regulagem do tempo, sentido dos motores, uso do esquema LED)
		Kza Viva	ajuste do tempo de abertura da porta para uma pessoa entrar com segurança
		Kza Viva	regulagem do número de toques na campainha para aumentar a segurança
		Kza Viva	controle do nivelamento do elevador nos andares através de sensor de toque
C	Procedimento manipulável com status de primitiva	TurboCar	utilização e transformação do esquema LED ao longo da atividade de programação
		Kza Viva	utilização e transformação do esquema LED ao longo da atividade de programação
		Car to Night	utilização e transformação do esquema LED ao longo da atividade de programação

Quadro 7 - Categorização das condutas dos sujeitos nos projetos "TurboCar", "Kza Viva" e "Car to Night" na modalidade M-4

6.2.5. As diferenças entre as modalidades M-2 e M-4

Comparando os níveis de abstração a partir das condutas dos sujeitos nas modalidades M-2 (projeto temático) e M-4 (projeto livre) pode-se observar a evidência dos diferentes

níveis em ambos os quadros (Quadro 6 e Quadro 7). É fundamental observar que o nível das condutas (“A” à “C”) varia em relação à atividade do sujeito, e não em relação às modalidades de projetos. O fato de um projeto ser totalmente livre (M-4) ou orientado por um tema ou assunto (M-2) altera o produto, mas nem tanto as condutas. Apesar de não se ter um registro sistemático das interações entre os grupos, o fato de os projetos da modalidade M-2 ter de realizar alguma função em relação ao projeto dos colegas exigiu dos participantes interações e transformações nos seus protótipos que convergiam em termos de necessidade, o que exigiu operações realizadas em comum acordo. Já na modalidade M-4, esse tipo de acordo foi localizado, apenas entre os membros do mesmo projeto. Assim, na modalidade M-2 pode-se observar acordos e operações com maior abrangência, mas qualitativamente iguais em relação aos acordos localizados característicos das modalidades de M-4.

6.3. Categorização geral das condutas dos sujeitos nos projetos

Segue abaixo um quadro geral das condutas dos sujeitos agrupando a categorização por modalidade de projeto (M-1 a M-4).

Nível	Tipo de conduta	Projeto	Conduta
A	Indiferenciada	Modelo Inseto	montagem com posicionamento de peças de forma equivocada em relação ao modelo do manual
B	Regulação	Modelo Inseto	implementaram pneus às “patas” do inseto para não escorregar
		CartFire	reposicionamento do sensor de luz mais à frente do inseto
C	Reflexão	Porta Abre e Fecha	reflexão sobre o modelo de portas automáticas de <i>shopping centers</i>
		CartFire	reflexão sobre o sistema de transmissão movimento POLIA-MOTOR → POLIA-RODAS a partir de modelo de manual
		Carro do Futuro The best	reflexão sobre o sistema de transmissão movimento ENGR.-MOTOR ↑ ENGR.-RODAS
		The Best	reflexão sobre o sistema de garras de insetos
		Modelo Inseto	reflexão sobre o funcionamento do RCX, motores e sensores, interface de programação
C	Reflexionamento	Porta Abre e Fecha	representação do movimento da porta no algoritmo do programa (uso de condicionais, operações reversíveis)
		CartFire	representação do movimento do carro no algoritmo do programa (uso de condicionais, operações reversíveis)

Nível	Tipo de conduta	Projeto	Conduta
C	Reflexionamento	The best	representação do movimento do carro e das garras do inseto no algoritmo do programa (uso de condicionais, operações reversíveis)
		Modelo Inseto	representação do movimento das “rodas” do inseto e da garra no algoritmo do programa (uso de condicionais, operações reversíveis)
		Casa Music 7.5	representação no algoritmo do programa (uso de condicionais, operações reversíveis) de todo o funcionamento da casa (TV, churrasqueira, CD player e escada rolante)
C	Transformações de controle	Porta Abre e Fecha	programação de uma “chave” para a porta automática usando um sensor de luz
		The Best	criação de uma “garra” combinando engrenagens, alavancas e sensor de luz
		Modelo Inseto	implementaram engrenagens nas “garras” ao invés de ligá-las direto ao motor
C	Procedimento manipulável com status de primitiva	Porta Abre e Fecha CartFire The Best Modelo Inseto Casa Music 7.5	utilização e transformação do esquema LED ao longo da atividade de programação
		CartFire	sistema de transmissão do movimento POLIA-MOTOR → POLIA-RODAS

Quadro 8 - Categorização das condutas dos sujeitos nos projetos na modalidade M-1

O quadro com a categorização das condutas dos sujeitos nos projetos realizados na modalidade M-2 coincide com o Quadro 6 (p. 103), pois o projeto “Cidade” fora o único projeto que aconteceu nessa modalidade.

Nível	Tipo de conduta	Projeto	Conduta
A	Indiferenciação	Guincho 1 Retro Escavadeira Guincho 2	Sujeitos não formalizaram a dinâmica das forças envolvidas no sistema de alavancas em relação ao ponto de apoio, nem conseguiram relacionar este princípio ao do sistema de roldanas.
B	Indiferenciação parcial	Guincho 1	indiferenciação parcial em relação aos elementos necessários ao funcionamento do guincho – sistema de roldanas não foi explorado
C	Reflexão	Guincho 1	reflexão sobre modelos de máquinas que erguem objetos e sobre sistema de transmissão de movimento ENGR.-MOTOR↑ENGR.↓ ENGR.↑...
		Retro Escavadeira	reflexão sobre modelos reais de escavadeiras (alavancas)
C	Reflexionamento	Retro Escavadeira	representação do movimento da escavadeira no algoritmo do programa (operações reversíveis)
		Guincho 2	representação no desenho do projeto dos elementos essenciais para o funcionamento do guincho (motores, cordas e roldanas)

C	Reflexionamento	Retro Escavadeira Guincho 2	representação do movimento do guincho no algoritmo do programa (uso de condicionais, operações reversíveis)
C	Transformações de controle	Guincho 1	transmissão do movimento do motor até a roldana por seqüência de engrenagens
		Guincho 2	controle do guincho através do acionamento do sensor de toque
C	Procedimento manipulável com status de primitiva	Guincho 2	utilização e transformação do esquema LED ao longo da atividade de programação
		Guincho 1	sistema de transmissão do movimento ENGR-MOTOR↑ENGR.↓ENGR.↑...↓ENGR.- CARRETEL

Quadro 9 - Categorização das condutas dos sujeitos nos projetos na modalidade M-3

Nível	Tipo de conduta	Projeto	Conduta
A	Indiferenciação	TurboCar	indiferenciação em relação ao sistema de direcionamento das rodas, refletindo-se na montagem do protótipo
		TurboCar	indiferenciação em relação ao problema de compensar o movimento de direcionamento das rodas na programação em modo paralelo
		Kza Viva	apresentação do projeto sem representação dos elementos essenciais para o seu funcionamento
		Kza Viva	indiferenciação em relação à função do motor e a transferência do movimento para abrir a porta
		Car to Night	apresentação de um desenho sem representar as partes essenciais para o funcionamento do protótipo
		Car to Night	montagem do protótipo inicial sem elementos necessários para execução do movimento do carro (sistema de tração)
		Car to Night	indiferenciação em relação à transmissão do sentido do movimento entre engrenagens (EngRoda↑EngMotor↓EngRoda)
		Carro	indiferenciação inicial quanto ao significado do modelo de direcionamento das rodas, confundindo-o com modelo de tração e posicionando-o na traseira do carro
B	Exploração	TurboCar Car to Night	montagem do carro sem um modelo, a partir de diferentes arranjos das peças
		Tank Escavadeira	exploração de possibilidades de montagem do protótipo usando sistema de tração por esteiras
		Escavadeira	exploração de possibilidades de montagem e de movimento da “garra”
		Carro	exploração das possibilidades de montagem da estrutura do carro
B	Regulação	Perfuratriz	modificações na altura da suspensão do protótipo para ultrapassar melhor os obstáculos
		Tank	remodelagem do protótipo em função de problemas com o encaixe de peças e o eixo do motor
		Escavadeira	alteração no sistema de transmissão de movimento do motor para a garra, acrescentando rosca sem fim e engrenagem

Nível	Tipo de conduta	Projeto	Conduta
B	Regulação	Car to Night	transformação da relação de transmissão do movimento entre as engrenagens do sistema de tração (EngRoda↓EngIntermediária↑EngMotor↓EngRoda)
		TurboCar Car to Night	redução no tamanho do carro para “vencer” as curvas
		Kza Viva	controle da velocidade do elevador a partir do arranjo de engrenagens (pequena no motor e grande no eixo do carretel)
C	Reflexão	Perfuratriz	reflexão sobre o funcionamento a partir de modelos reais
		Guindaste – G2	reflexão sobre o funcionamento do guindaste com base na análise de modelos reais
		TurboCar	inferência sobre a necessidade de um intervalo de tempo entre os comandos da programação
		TurboCar Car to Night	reflexão sobre a necessidade de diminuir o tamanho do carro para as curvas
		TurboCar Car to Night	reflexão sobre a necessidade de diminuir a velocidade do carro para executar as curvas
		TurboCar Car to Night	reflexão sobre a necessidade de alinhar as rodas ao voltar para a pista
		Kza Viva	reflexão sobre o movimento do braço ao abrir uma porta e a necessidade da articulação
		Kza Viva	reflexão sobre o movimento do elevador e sobre a necessidade de nivelamento em relação aos andares
		Kza Viva	reflexão sobre a relação de velocidade entre engrenagens
		Car to Night	reflexão sobre a relação de transmissão do sentido do movimento entre engrenagens (EngRoda↑EngMotor↓EngRoda)
C	Reflexionamento	Perfuratriz	representação do movimento das perfuratriz (esteiras e broca) no algoritmo do programa (uso de condicionais, operações reversíveis)
		Guindaste – G2	apresentaram no projeto elementos necessários ao funcionamento do projeto (motores, esteiras)
		TurboCar Car to Night	representação do movimento do carro no algoritmo do programa (uso de condicionais, operações reversíveis)
		Kza Viva	representação do movimento do braço através de alavancas e no algoritmo do programa (uso de condicionais, operações reversíveis)
		Kza Viva	representação do funcionamento do elevador no algoritmo do programa (uso de condicionais, operações reversíveis)
		Tank	representação do movimento do “tank” (esteiras) no algoritmo do programa (uso de condicionais, operações reversíveis)
		Carro	representação do movimento do carro (tração e direcionamento das rodas) no algoritmo do programa (uso de condicionais, operações reversíveis)
C	Transformações de controle	Perfuratriz	criação de controle remoto usando sensores de toque e de luz para controlar movimento do protótipo

Nível	Tipo de conduta	Projeto	Conduta
C	Transformações de controle	Guindaste – G2	implementação de um sistema pneumático (no início, equivocadamente chamado de “bomba hidráulica” pelos sujeitos) para erguer e baixar a haste do guindaste
			criação de controle remoto usando sensores de toque e de luz para controlar movimento do protótipo
			aumento do tamanho da haste do guindaste e arranjo de peças para aumentar o equilíbrio do protótipo
			implementação na programação de um procedimento para o guindaste dar ré através de controle de cliques no sensor de toque
		TurboCar	uso de eixo articulado com vistas a produzir o direcionamento das rodas dianteiras do carro
		TurboCar Car to Night	uso do modelo com caixa de redução para o direcionamento das rodas dianteiras
		TurboCar Car to Night	transformação do sistema de tração traseira utilizando engrenagens e apenas um motor
		TurboCar Car to Night	instalação dos sensores de luz para detectar a pista
		TurboCar	transformação do sistema de tração traseira acrescentando sistema de rosca sem fim para reduzir a velocidade do carro
		TurboCar Car to Night	transformações diversas operadas no programa (regulagem do tempo, sentido dos motores, uso do esquema LED)
		Kza Viva	ajuste do tempo de abertura da porta para uma pessoa entrar com segurança
		Kza Viva	regulagem do número de toques na campainha para aumentar a segurança
		Kza Viva	controle do nivelamento do elevador nos andares através de sensor de toque
Tank Escavadeira	criação de controle remoto usando sensores de toque e de luz para controlar movimento do protótipo		
C	Procedimento manipulável com status de primitiva	Perfuratriz Guindaste – G2 Tubo Car Kza Viva Car to Night Tank Escavadeira Carro	utilização e transformação do esquema LED ao longo da atividade de programação

Quadro 10 - Categorização das condutas dos sujeitos nos projetos na modalidade M-4

7. DISCUSSÃO

Ao longo dos capítulos anteriores (5 e 6) foram apresentados os resultados do desenvolvimento de projetos de RE em dois contextos distintos. O primeiro, uma escola estadual, com estudantes de séries iniciais do E.F., com idades variando entre os 9 e 11 anos de idade, utilizando um material de robótica experimental desenvolvido para crianças com menos de 10 anos de idade; o segundo, uma escola particular, com estudantes de séries finais do E.F., com idades variando dos 10 aos 14 anos de idade, utilizando um material de robótica para crianças acima dos 10 anos de idade. Dessa forma, desde já fica estabelecido que não há possibilidade alguma de uma comparação direta em termos de resultados, pois as condições experimentais eram muito diversas. Por esse motivo, a discussão que será desenvolvida a seguir irá tratar cada uma das situações em separado, para, em seguida, relacioná-las com as questões que foram levantadas para presente estudo.

Essa situação diversa dos dois contextos, de forma alguma inviabiliza a discussão, principalmente por se tratar de situações e contextos reais, vivenciados por todos os sujeitos envolvidos, sem intenção de isolar quaisquer fatores normais relativos às pressões e demandas pessoais e institucionais envolvidas em cada uma das situações. Foi intencional procurar desenvolver o trabalho fora de uma situação experimental controlada que isolasse os sujeitos e os condicionasse a uma experiência dosada e artificial. Sendo assim, o que se tem são dois momentos cujos registros e movimentos foram catalisados pelo autor deste trabalho, e nos quais não houve a intenção de distanciamento, de evitar qualquer interferência – interferiram todos os agentes: escola, professores, estudantes e pesquisadores.

7.1. As condutas dos sujeitos e as diferenças nos níveis de abstração

Conforme foi apresentado anteriormente, os níveis de abstração analisados a partir das condutas dos sujeitos foram categorizados conforme o grau da representação destes em relação aos objetos e fenômenos sobre os quais estão agindo. As condutas de grau “A” foram qualificadas como abstrações de ordem empírica, vinculadas e determinadas pelos observáveis do objeto. As de nível “B” são intermediárias, pseudo-empíricas, revelando os desequilíbrios e necessidades de adaptação do sujeito em relação aos fenômenos e objetos; podem retornar ao nível “A”, quando o sujeito não é capaz de transformar o significado de sua ação e rejeitá-la, ou passar para o nível “C”, quando o sujeito é capaz de mudar o significado

de sua ação e acomodar as mudanças a uma nova situação. Dito de outra forma, as abstrações de nível “A” não são capazes de dar conta das transformações provocadas pela ação do sujeito sobre os objetos, ao passo que nas de nível “C” os significados da própria ação estão compensados de forma a permitir que o sujeito tenha controle sobre os objetos, identificando causas locais e necessidades, dando suporte a novas construções.

7.1.1. Os níveis de abstração nos projetos das séries iniciais do E.F.

Os níveis de abstração descritos a seguir têm como base a experiência realizada com crianças das séries iniciais do E.F. As condutas que revelam esses níveis de abstração do sujeito, ora tem como fundamento a própria atividade do sujeito no momento em que interagem com os modelos dos guias de atividade, ora foram investigados com base nos questionamentos e desafios propostos pela equipe de pesquisa. Convém salientar que essa experiência de projetos aconteceu na modalidade M-1, cujos modelos dos manuais possuíam desde a proposta de atividade até os esquemas de montagem e programação dos protótipos.

As coordenações inferenciais e indagações

Dentre os processos gerais de adaptação dos sujeitos em relação à novidade, as coordenações inferenciais ocupam um lugar de destaque, pois revelam as hipóteses dos sujeitos em relação aos fenômenos e objetos, e acontecem em todos os níveis de abstração. Será apresentada, a seguir, uma coleção de inferências dos sujeitos em relação ao entendimento inicial que fizeram a partir do guia de atividades do Globot. Essas inferências são importantes, pois surgiram a partir do primeiro contato com o material

Logo no início das atividades com o Globot, na sessão 1, um aluno faz um apontamento sobre funcionamento do “chutador”. Após finalizar a montagem, pergunta o que iria acontecer quando o protótipo for conectado ao laptop. Por mais simples que essa afirmação possa parecer, ela revela tanto uma expectativa em relação ao acontecimento, quanto uma incapacidade de prever o funcionamento do protótipo. Assim, a atividade ficou resumida em montar a partir do protótipo, sem questionamentos sobre o funcionamento do mesmo, ou até acerca da “ação de chutar”. Outra aluna, através de seu questionamento, procura antecipar o funcionamento do modelo. Ela afirmara que, quando ligarem o modelo ao computador, o mesmo irá se mexer sozinho. No entanto, para investigar o significado do termo “sozinho” empregado, foi questionada sobre a necessidade da ação dos sujeitos para

que o protótipo se mexesse. Não soube responder sobre a necessidade da interferência deles para o movimento do protótipo.

No final do guia de montagem do modelo do chutador, estava indicado o encaixe de um sensor de presença/movimento, que deveria ser encaixado na base da estrutura, logo à frente da perna de apoio do chutador. Uma das alunas supôs que o modelo não estava se movendo porque seria preciso posicionar uma bola de papel à frente do sensor. O guia de atividades indicava, mais adiante, que esta seria a função da peça. No entanto, nos elementos da programação, não havia nenhuma instrução ou condição relacionada com o sensor. Tal fato revela que a aluna ainda não entendeu quais as necessidades para o funcionamento do protótipo, a relação entre a programação e as funções executadas pelo modelo.

Uma dupla de alunos escolheu construir o gigante, que no guia de atividades estava intitulado como "Gigante com efeitos especiais". Ao serem questionados sobre a atividade, um dos sujeitos explica o funcionamento do protótipo a partir da hipótese de que o gigante correria atrás do bonequinho, e que isto aconteceria quando algum objeto fosse "roubado". No guia de atividades, a atividade era contextualizada da seguinte maneira:

Era uma vez, Mitchel e Paula foram caminhar pela floresta. - Olhe, Paula, - brincou Mitchel - Sou um gigante! Quando Paula virou para olhar tropeçou sobre algo no caminho. - Ó não! - sussurraram - Acordamos o gigante! Você consegue criar um gigante que fica em pé como num passe de mágica? (Guia de Atividades, versão experimental, Globot, LEGO® Education)

Além do texto, ainda estava impressa uma cena composta por um gigante de peças LEGO® levantando-se e dois bonecos ao seu lado. Na primeira parte da atividade, havia instruções de como programar o modelo para emitir o som de "ronco", fazer o gigante erguer-se, e emitir o som de "rosnado". Nas páginas adiante da atividade, ainda era proposto que utilizassem o sensor de presença para que o gigante se erguesse sempre que alguém se aproximasse. Não havia no texto ou na imagem menção alguma sobre objetos que seriam "roubados" do gigante. Esse foi um elemento da estória acrescentado pelos sujeitos. Questionados se conheciam a estória de "João e o pé de feijão", disseram que conheciam.

Outro elemento que não está apresentado no guia é idéia do gigante correndo. O guia apresenta instruções de como fazer o gigante erguer-se, e não correr. Essa é uma expectativa que o sujeitos têm em relação ao funcionamento do protótipo. Nesse caso, percebe-se que os sujeitos condicionaram a estória com base na suas expectativas e hipóteses, acrescentando tanto elementos da imaginação quanto antecipatórios em relação ao funcionamento do protótipo ("tu tentar roubar" e o gigante "se levanta e sai correndo").

Noutra situação, os sujeitos são questionados em relação ao entendimento da estória do gigante, bem como da leitura do guia de atividades. A dupla revela um entendimento que se aproxima ao que propõe o guia de atividades. O gigante "vem com um gancho e se alevanta" (sic). Questionado sobre a leitura da estória, em seguida se surpreende que na proposta de atividade o gigante também irá emitir sons. Após essa breve reflexão, seguiram concentrados na montagem do protótipo a partir do guia de montagem.

No exemplo a seguir, um dos sujeitos é questionado em relação funcionamento do gigante. Com base na figura do gigante apresentada pelo livro (Figura 69), ele faz algumas inferências sobre o que irá acontecer. O sujeito infere que o gigante vai se levantar e talvez fique até sentado, exatamente como se apresenta na figura do livro.

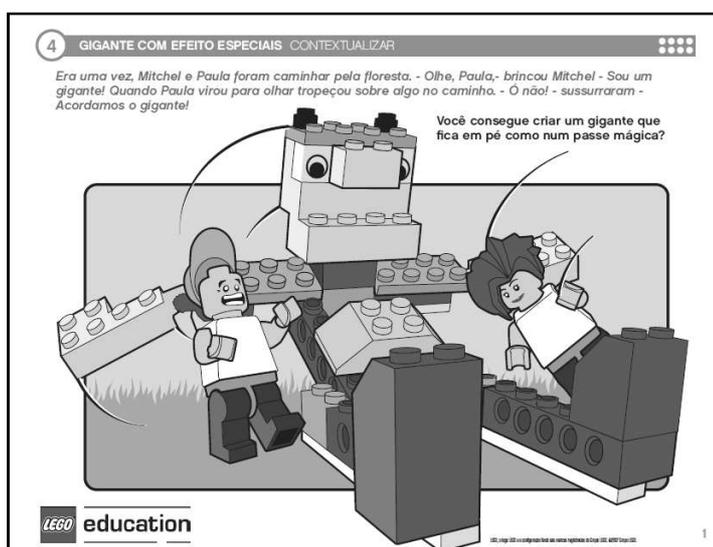


Figura 69 - Atividade do "Gigante" do guia de atividades do Globot (v. experimental)

Também revela que compreende o princípio do funcionamento do protótipo, de que é condição necessária conectá-lo ao laptop e que o programa seja arranjado. O sujeito revela um primeiro entendimento sobre a relação de causalidade entre o funcionamento do protótipo e o programa. Infere que se produzirá som com base na figura do livro da interface de gravação e reprodução de sons, já que possuem microfones representados. Pode-se afirmar que as explicações do sujeito são pseudo-empíricas, já que a constatação é feita a partir das imagens (do gigante e do programa) apresentadas no guia de atividades, e não dos princípios lógicos que estruturam cada comando que controla o protótipo. Dessa forma, a estrutura do programa ainda é indiferenciada pelo sujeito, aparecendo como uma figura em bloco.

Enquanto montava o modelo do avião, uma aluna indaga se o mesmo iria voar. O PQ retorna a pergunta e ela diz "Acho que não". Indagações desse tipo revelam que o sujeito está partindo de suas convicções acerca de um avião de verdade – são os *a priori* do sujeito. Revela uma expectativa com base na sua idéia de avião, sem conseguir antecipar as condições de necessidade para que um avião voe (noção de peso, empuxo, aerodinâmica, etc.). A questão levantada pela aluna, se tomadas a partir da perspectiva de projetos de aprendizagem, poderia levar a cabo uma pesquisa sobre aviões e pássaros.

Outra dupla de alunos também estava montando o modelo do avião. Ao serem questionados sobre o que faria o protótipo, os alunos revelaram um entendimento com base no que estava descrito no guia de atividades.

O guia continha a seguinte frase: "*Você consegue criar um avião que muda de velocidade à medida que se movimenta para cima e para baixo?*" (Guia de atividades, Globot versão experimental).

Os alunos tomaram a frase "à medida que se movimenta para cima e para baixo" como um movimento que seria executado pelo avião, e não consideraram a informação que indicava a mudança de velocidade. Observa-se que fizeram um entendimento parcial da proposição do livro. Após intervenção do PQ, foi tomado com surpresa para ambos o fato de que a velocidade iria mudar. Os sujeitos também inferiram, sobre o funcionamento do avião, que a hélice iria girar. Apesar dessa informação não estar colocada na frase, aparecia na imagem do livro, com o avião e hélice representados com linhas que davam a idéia de movimento.

Uma dupla de alunos havia implementado uma alteração no modelo do avião, acrescentando mais duas hélices e rodas, conforme apresentado anteriormente. Um outro aluno, observando o modelo modificado, efetuou uma constatação importante. Apesar de não ter efetuado nenhuma construção similar, pensou na possibilidade de utilizar esse mesmo esquema [POLIA → CORREIA → POLIA] para movimentar as rodas do avião. Uma inferência que, infelizmente, não foi levada adiante pois a sessão estava no final.

Conforme se pode constatar, as inferências que os sujeitos revelam, com base no guia de atividades, não demonstram entendimento ou esse foi parcial em relação ao problema proposto, ou, ainda, houve deformação desse entendimento em função das expectativas dos sujeitos quanto ao funcionamento dos modelos. Nessa situação, as condutas dos sujeitos estão orientadas em função dessa expectativa e o funcionamento acaba por ser um elemento de total surpresa para os mesmos.

No caso da atividade proposta pelo modelo do avião, ainda é possível perceber alguns problemas adicionais. A proposição inicial do livro apresentada tanto no texto quanto nas

imagens, realmente, dá a entender que o avião se movimentaria. A idéia de velocidade pode ser facilmente associada à velocidade do vôo. Porém, mais adiante, através do modelo de programa, o que a atividade propõe é controlar a *velocidade da hélice* à medida que o avião inclina-se para frente ou para trás, simulando o movimento de subida e descida. É um funcionamento simples, em relação a solução de programa apresentada no livro, que utiliza um sensor de inclinação (*tilt*). Porém, é, ao mesmo tempo, complexa, se forem levadas em consideração as operações mentais necessárias para que os sujeitos pudessem antecipar tais fenômenos.

Essa antecipação somente seria possível se os sujeitos pudessem pensar o problema e projetar as soluções possíveis. Por quê a hélice precisa girar mais rápido ou mais devagar conforme o movimento do avião? Como não houve o design do problema pelos sujeitos, tampouco poderia haver uma hipótese que orientaria suas ações. Suas hipóteses, assim, estavam condicionadas às pistas dadas pelo guia de atividades. Porém, da forma como o livro propõe o problema, a causa (mudar a velocidade da hélice) é apresentada como resultado de subir ou descer, e não o inverso, como com um avião de verdade. Esse é um problema conceitual que se encontra com frequência nas simulações, pois apenas simulam um determinado fenômeno sem uma preocupação de representá-lo. É importante, assim, que se atente em relação ao objetivo da aprendizagem, que não se tome uma simulação por uma representação da realidade. A representação traz consigo noções ou conceitos de um dado fenômeno, ao passo que a simulação nem sempre se orienta para esse objetivo. É assim que um presépio pode representar uma cena natalina, e, ao mesmo tempo, simular os movimentos dos personagens sem se preocupar em representar os movimentos biomecânicos dos personagens humanóides. As aprendizagens envolvidas nas simulações nem sempre dão suporte às noções e conceitos envolvidos no fenômeno simulado (ex.: pode se aprender bastante sobre sistema de cordas, polias e alavancas ao simular um “presépio vivo”). Mas para representar a biomecânica do movimento humano, outras noções e conceitos precisam ser articulados, e as questões que orientarão os sujeitos devem perseguir outros caminhos desde o design do problema (ex.: “Como funciona a mão humana?”, ao invés de “Como montar um presépio vivo?”). No contexto da simulação, os caminhos da aprendizagem podem tomar outros rumos, com base numa pesquisa sobre o assunto em questão, e vai depender dos sujeitos como esses elementos da aprendizagem farão parte da simulação e da explicação para o fenômeno, e como os elementos básicos da robótica serão colocados em prática em ambos os casos, na simulação e na representação.

Nível A – Indiferenciações em relação ao funcionamento dos modelos

Uma dupla de sujeitos monta o modelo do chutador sem encaixar o motor à estrutura do protótipo. A estrutura, nesse caso, representa a "perna" do robô. Com o motor solto, sem estar conectado firmemente à estrutura, não permitiria o movimento da "perna" do robô, pois giraria livremente, já que o motor não teria um ponto de apoio para garantir a transmissão do movimento do seu eixo à "perna". Apesar disso, os sujeitos disseram que a montagem estava "ok", revelando uma indiferenciação do seu pensamento em relação às causas e necessidades para o funcionamento do modelo – nesse caso, do fenômeno de transmissão do movimento do eixo do motor para a alavanca/perna.

Um outro aluno montou o chutador, cuja programação indicada no guia de montagem visava que a "perna" se movesse por 0,2s, tempo suficiente para efetuar o movimento de chutar. No entanto, o aluno gostaria que a perna ficasse girando mais tempo. Ele não sabia como fazê-lo porque a sua conduta no momento da montagem estava orientada apenas pela atividade perceptiva, comparando as imagens do guia com a que produzira no protótipo e no programa no computador. Ele não havia explorado o programa e não fora capaz de qualquer inferência sobre o seu funcionamento. O PQ intervém pedindo que experimentasse alterar alguma coisa no programa e observasse o que aconteceria. O PQ também perguntou se sabia qual era a função de um dos ícones na tela (Figura 70), e o aluno respondeu negativamente. O aluno aumenta o número indicado no programa de 0,2s para 5,9s (número 59) e a perna efetuou mais voltas.



Figura 70 - comando que desativa o motor após 0,2s

Uma dupla de alunas construiu o protótipo do goleiro com base no modelo da revista. No entanto, colocaram o eixo do motor de tamanho maior que o indicado no modelo do guia de montagem. Ao testar o funcionamento do modelo, o movimento do goleiro ficou interrompido, pois a alavanca travava no eixo. As alunas não perceberam até que o pesquisador interveio e apontou o problema. Nesse caso, pode-se observar uma conduta indiferenciada dos sujeitos em relação aos elementos da construção do protótipo. A imagem

no livro mostra em detalhes o tamanho do eixo e sua forma de encaixe. Além disso, o guia de atividades apresenta uma explicação que descreve o movimento que o protótipo deveria executar, conforme segue:

"Em nosso modelo... O motor gira uma roldana e correia... A correia gira uma outra roldana... A roldana gira uma alavanca... A alavanca move o goleiro. Experimente essa idéia ou crie sua própria!" (Ativ. 2: goleiro - versão experimental do material impresso Lego Globot)

Por mais completas que tenham sido as explicações dos manuais sobre o funcionamento do modelo, não foram suficientes tornar observável alguns dos elementos da montagem. A conduta dos sujeitos foi indiferenciada não só com relação a própria montagem (tamanho do eixo), como também o foi com relação ao efeito dessa montagem. Fora o pesquisador que apontara para o problema. É possível afirmar, também, que a explicação do livro não adquiriu significado para a montagem, pois os próprios elementos da explicação não puderam ser identificados pelos sujeitos (roldana, correia, alavanca). Isso revela que as alunas não tiveram condições de antecipar o problema e nem de elaborar hipóteses sobre o funcionamento do protótipo, mesmo com todas as informações gráficas e escritas.

Após a montagem do modelo do goleiro, durante o jogo de "gol-a-gol", os sujeitos não percebem que um dos goleiros não descrevia um movimento aleatório, como estabelecido no procedimento que copiaram do guia de atividades. Em função de um *bug* nessa versão experimental do Globot que fazia com que o HUB perdesse a conexão com o motor, o movimento do goleiro passou a ser previsível, pois a alavanca girava apenas num sentido. Mesmo com a intervenção do PQ, perguntando se notavam alguma diferença, disseram que não notaram. Um dos sujeitos afirmou, apenas, que estava mais rápido que o outro goleiro.

Nesse outro caso, uma dupla de alunos havia arranjado o procedimento que controlava o goleiro de forma que o motor, ao invés de inverter o sentido, girasse sempre para o mesmo lado, produzindo um movimento previsível do goleiro. O procedimento fora copiado do guia de atividades, que além do modelo gráfico, continha a explicação do seu funcionamento. Apesar disso, as informações não foram suficientes, e nem mesmo a observação do movimento de outro goleiro, para que percebessem o problema.

Ao serem questionados pelo PQ, perceberam a diferença nos ícones/comandos que acionam o motor, comentando que giravam em sentido diferente. Porém, essa diferença percebida ainda não aparece orientada ao controle do protótipo, pois os sujeitos se detiveram em rearranjar o programa para que ficasse igual ao dos colegas, e não no sentido dos efeitos

que este produzira no movimento do goleiro. Nesse caso, agiram de forma a transformar o programa, sem transformar o significado de sua ação.

Tais fatos revelam que a implementação do procedimento que controlava modelo do goleiro não fora compreendido pelos sujeitos, mesmo com a explicação que constava no guia de atividades e com a observação do resultado – movimento do goleiro. O que se espera, com a implementação de um procedimento com status de primitiva, é que este possua controle ascendente em relação ao funcionamento do protótipo. Para tanto, seria necessário que os sujeitos, primeiro, projetassem a necessidade da aleatoriedade do movimento, para, segundo, na exploração do procedimento, diferenciasssem cada um de seus elementos – comandos – para entender a função do comando que sorteava o movimento aleatório da alavanca do goleiro e este pudesse ser aplicado na solução do problema.

Na verdade, o fato do movimento não aleatório não ser um problema para os sujeitos é o que explica não perceberem a diferença. Isso porque o problema ou questão para os sujeitos é que orientaria sua atividade perceptiva e regularia sua conduta no sentido da resolução do problema. Assim, para os sujeitos, a atividade de programação ainda não adquirira uma relação causal para com os efeitos no movimento do protótipo. Suas condutas ainda orientam-se no sentido de equacionar as diferenças perceptivas entre o modelo do guia e o construído, e não da construção de soluções reguladas com os objetivos de funcionamento do protótipo. A partir disso pode-se supor que o procedimento que controla o protótipo ainda aparece em bloco para os sujeitos, isto é, não componível ou adaptável a outras situações e contextos de atividade – status de rotina.

Uma dupla de alunos montou o modelo do gigante e arranjou na tela do laptop os dois programas de exemplo que controlariam o protótipo. Desafiados pelo PQ a fazer o gigante descer, não souberam como fazê-lo. Quando questionados para apontar qual ícone/comando fazia o motor girar, apontaram para o sensor de presença. Essa situação revela que os sujeitos não só não entendiam o funcionamento do programa, como também fizeram uso evidente da rotina de compor os programas na tela a partir do livro. Copiaram os dois programas de exemplo na expectativa de ver o gigante funcionando, mas encontraram dificuldade em executá-los.

Nos exemplos acima, os sujeitos foram questionados em relação ao entendimento da estória do gigante, bem como incentivados a ler o guia de atividades.

As duplas estavam concentradas na montagem do protótipo a partir do guia de montagem, e, apesar do questionamento e explicação do PQ, seguiram na montagem sem tomar o guia de atividades para ler a estória. Essa situação não ocorreu somente nesses casos.

Ao longo das sessões a maior parte dos sujeitos escolhia iniciar a atividade a partir do guia de montagem, e só pegava o guia de atividades para arranjar os procedimentos de controle do protótipo (programa). O contexto das estórias do guia de atividades era pouco explorado pelos sujeitos. O entendimento que faziam com relação ao funcionamento do protótipo quase sempre se apresentava de forma vaga, ou com antecipações gerais (o avião vai girar a hélice), sem uma reflexão sobre os problemas e soluções apresentadas pelo guia de atividades.

Tal fato pode ser explicado em função dos esquemas de significação que eram ativados pelos sujeitos no momento da realização das atividades. O problema que se apresentava e mobilizava suas condutas era o da montagem dos protótipos. Para os sujeitos, fora suficiente, para montar os modelos, acessar apenas as informações de montagem das peças Lego® (instruções passo a passo para montagem) e do arranjo do programa que controlava o protótipo (seqüência dos ícones/comandos apresentadas no guia de atividades). Uma vez que essa estratégia era bem sucedida, não havia necessidade de informações adicionais.

É possível observar que essa estratégia ajusta-se perfeitamente a necessidade dos sujeitos em realizar a tarefa, pois não havia outras questões ou problemas que pudessem orientar seus esquemas de significação noutro sentido, noutra busca. Para que buscassem aprender algo mais, outras questões ou problemas teriam de surgir para eles, a fim de ampliar o objetivo da atividade para além da simples montagem e observação do seu funcionamento.

Nível B – Condutas exploratórias sobre os modelos

Após a montagem do “chutador”, uma aluna perguntou o que aconteceria se o valor fosse alterado. O PQ interveio pedindo que ela experimentasse alterar e ver o que iria acontecer. Num primeiro momento, a aluna supõe que o valor está relacionado com a força do chutador. Quando aumenta o valor, não nota a diferença, apesar de a perna ter ficado girando mais vezes. A expectativa dela era que se alterasse a força do chute. Mais adiante, quando contou o número de voltas e o PQ pergunta quantas voltas a perna efetuou, a aluna passa a pensar que o valor está relacionado com o número de voltas da perna.

Esse tipo de constatação aconteceu da mesma forma com várias outras duplas: associar o número do tempo de acionamento do motor com a força do chute ou com o número de voltas. Muitos alunos não chegaram a entender que o valor, na verdade, estava relacionado com o tempo de acionamento do motor. Na interface, a referência ao tempo está indicada pelo desenho de uma ampulheta no ícone do motor (Figura 70). No livro de atividades, a instrução

no modelo do programa indica o seguinte: "Aguarda dois 'cliques' (dois décimos de segundo)". As informações que descrevem o significado de cada ícone estão colocadas no livro de atividades, mas não há nenhum indicativo que relacione, visualmente, essa instrução com o respectivo ícone. As duas informações, escrita e gráfica, apresentam-se de forma desconexa.

Após finalizar a construção e programação do goleiro a partir do modelo do guia de atividades e montagem, uma dupla de alunas testa o placar eletrônico. Passa várias vezes a mão no sensor para ver se o número é apresentado na tela do computador. O guia de atividades continha a solução para o placar, envolvendo um conjunto de comandos para detectar quando a bola de papel passasse na frente do sensor, posicionado atrás do gol. Além do modelo de procedimento, o guia ainda continha uma explicação de como o mesmo funcionava. No entanto, a aluna pergunta ao pesquisador como se faria para zerar o placar.

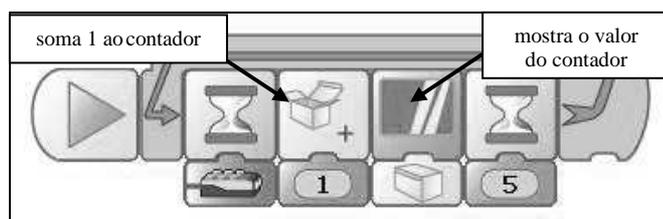


Figura 71 - programa do guia de atividades que controlava o placar eletrônico usando a função contador

Apesar de terem entendido o objetivo do procedimento que controlava o placar (apresentar a contagem de gols quando a bola passar pelo sensor), não compreenderam a função de cada comando. O fato de terem copiado o modelo do livro sem explorar cada comando não permitiu que ela entendesse como funcionava o comando "somar ao container" (Figura 71).

Após a montagem do modelo do avião, outra dupla de alunos passou a ler no guia de montagens a explicação sobre o funcionamento do programa que controlaria o protótipo. Durante a exploração do modelo, conduzida pelo PQ, os sujeitos não notaram diferença no seu funcionamento em relação a posição do avião. A hélice apenas girava, sem mudar a velocidade. Isso ocorreu em função de o sensor de inclinação (*tilt*) não ter sido bem encaixado no HUB. Um dos sujeitos, ao constatar "Ele não anda!", revela sua expectativa em relação ao movimento do protótipo. A partir da intervenção anterior do PQ e dessa constatação, fica evidente que os sujeitos, com base nas informações que constavam no guia de atividades, interpretaram que o avião se moveria, pois essa era a sua expectativa.

Após constatar que o sensor de inclinação não estava bem encaixado no HUB e fixá-lo, os sujeitos seguiram na exploração do modelo. Perceberam que o movimento da hélice se alterava conforme a inclinação do avião. Reformularam sua hipótese inicial, quando, com base nas informações do guia de atividades, achavam que o avião se moveria a velocidades diferentes. A partir da observação do funcionamento do avião, agora constataram que o que aumenta e diminui é a velocidade da hélice. No entanto, conforme dito anteriormente, segue que a explicação dos sujeitos para o funcionamento do protótipo não parece estar vinculada ao problema proposto pela atividade: a simulação das velocidades de um suposto avião quando sobe e quando desce.

Uma dupla de sujeitos, ajudada por colegas, inseriu som no procedimento que mostrava o número de gols – placar. Como não fora uma transformação efetuada por elas, o PQ pergunta se gostariam que saísse a sua voz ao invés da que já vinha gravada no programa. O PQ explica como se efetua a gravação e a dupla acrescenta sua própria voz ao procedimento do placar. Foi um elemento acrescentado na programação que não estava indicado no guia de atividades. A utilização de som seria um procedimento utilizado na próxima atividade.

Uma dupla de alunas que construiu o avião aprendeu com os colegas que construíam o gigante como gravar sua voz. Assim, elas colocaram na estrutura do programa que controlava o avião, o comando/ícone que tocava um som sempre que o avião "subisse" – fosse inclinado para cima. Repetiram a gravação de suas vozes várias vezes, sempre chamando o nome de uma pessoa, incluindo o de uma professora que apareceu para observar o trabalho. Uma transformação operada com um objetivo específico no sentido de controlar um evento que obteve sucesso graças a exploração por parte dos sujeitos.

Com os dados acima, pode-se perceber que a conduta exploratória, quase sempre operada após a montagem do modelo, permitiu aos sujeitos se apropriarem de alguns dos elementos da programação, bem como entender melhor o funcionamento dos protótipos. Mesmo que algumas assimilações tenham sido parciais, essa exploração inicial foi determinante para que os sujeitos superassem o nível de indiferenciação inicial que se encontravam, abrindo novas possibilidades de entendimento sobre o funcionamento dos modelos.

Nível B - Jogo

A partir da montagem e programação do goleiro, as duplas iniciaram o jogo de "Gol a gol". O jogo tinha como regra "chutar" com as mãos uma bola de papel no goleiro da dupla

adversária. Cada dupla teria chance de chutes alternados. As duplas não definiram um placar para apontar o vencedor. Cada dupla deveria anotar no papel o número de gols e defesas ou bolas fora. As professoras aproveitaram essa atividade para solicitar que os sujeitos explorassem os elementos estudados em sala de aula, como soma, divisão e média aritmética. Uma boa parte dos alunos realizou a atividade, mas não se preocuparam muito com a natureza da atividade de registro, e sim com a quantidade de gols que determinava a vitória. De qualquer forma, as respostas dos alunos apresentaram ao professor o entendimento que os mesmos tinham em relação ao conceito de média.

Nível B – Conduas regulatórias em relação aos modelos

Uma dupla de alunos colocou rodas no lugar dos pés do goleiro, uma solução específica para um problema localizado na construção do goleiro. Os alunos constataram que o atrito com o solo dificultava o movimento do goleiro, que muitas vezes acabava caindo, e implementaram essa solução. Convém salientar que, nas sessões preliminares de exploração das construções com LEGO[®], realizadas antes de iniciarem as atividades com o Globot, esse tipo de esquema [RODA → EIXO → RODA] foi bastante utilizado na construção de pequenos veículos. Nesse caso, pode se afirmar que esse esquema adquiriu status de primitiva, esquema generalizável e adaptado a situação – e a regulação ocorreu em função dos observáveis do objeto – atrito.

Como a maioria dos sujeitos não estava tão bem familiarizada com os esquemas de montagem das peças, as regulações ocorreram quase sempre no sentido de adequar as montagens dos modelos, como o reposicionamento de pinos nas estruturas ou a reorientação da posição das peças em relação ao todo do protótipo – muitos elementos eram construídos “virados” e precisavam ser reposicionados.

Nível B – As rotinas de montagem a partir do modelo

Foi solicitado a uma dupla que já havia visto como zerar o placar que ensinasse outra dupla de alunos. Mostraram para os colegas quais os ícones/comandos que deveriam ser colocados na área de programação para zerar o placar. Tal fato demonstra que essa ação já se tornara uma rotina para os sujeitos. Mesmo que não soubessem explicar exatamente como isso acontecia, usavam com sucesso. Uma ação objetiva com um fim específico, mas que ainda é usada em bloco. Para saber se essa rotina adquiriu o status de primitiva para os

sujeitos, eles devem usá-la noutro contexto, demonstrando que é uma ação generalizável. Do contrário, se permanece com o status de rotina, dificilmente será usada noutro contexto ou problema.

Uma dupla de alunos havia montado o gigante e seu respectivo programa conforme o guia de atividades. Porém, o guia continha dois exemplos de programas para controlar o gigante. O primeiro fazia com que fosse executado um som de “ronco”, para, em seguida, erguer o gigante através de uma alavanca e uma corda presa na parte superior do gigante. Após sete segundos, seria emitido o som de grunhido “grrrrr” e o motor seria desativado com o gigante na posição de pé. Por fim, o programa executaria um som gravado pelos alunos. O segundo programa executaria o mesmo procedimento, com a diferença de que o motor somente seria acionado se o sensor de presença detectasse algo no seu campo de alcance.

Os sujeitos montaram na tela do XO o segundo programa, e viram no livro que o sistema seria acionado somente se o bonequinho fosse passado pelo sensor. No entanto, experimentaram rodar o programa, acionaram o sensor e o gigante não se levantou. Na leitura do livro, perceberam que havia dois programas diferentes e, a partir da sugestão do PQ, resolveram testar o primeiro programa. A diferença de um programa para o outro é de apenas um ícone/comando. Porém, preferiram apagar tudo e começar de novo.

Esse caso é um exemplo de como as rotinas têm pouca importância no que se refere a regulação das condutas dos sujeitos. Em vários casos, com outras duplas de alunos o mesmo ocorrera. Os alunos já haviam estabelecido a rotina de montar o protótipo com base no guia de montagem, para em seguida montar o programa que constava no outro guia. No momento que essa rotina não é bem sucedida, descartam-na totalmente e reiniciam a tarefa desde o princípio. Tal fato pode ser explicado, como já foi abordado anteriormente, porque as rotinas funcionam em blocos, sem outras composições possíveis. Se não dão certo, são igualmente descartadas em bloco, sem adaptações.

Como estratégia, os sujeitos orientaram suas condutas a partir de esquemas perceptivos, apenas constatando a diferença visual entre os programas, sem refletir sobre o seu funcionamento. Sendo assim, a regulação das condutas acontece no mesmo sentido: aproximar o modelo/exemplo do livro do que arranjavam na tela do computador.

Nível B – Transformações de controle não compensadas

Os mesmos alunos que, sem sucesso, haviam arranjado no XO o segundo programa que controlava o gigante, dessa vez arranjaram o primeiro programa do gigante. Após

executar com sucesso o programa (o gigante roncava e em seguida era erguido por uma alavanca) foram instigados pelo PQ para tentar fazê-lo "deitar".



Figura 72 - ícones/comandos que acionam o motor no sentido horário e anti-horário

Na interface de programação do Globot, o ícone/comando que liga o servo-motor, pode ligá-lo em dois sentidos: horário e anti-horário (Figura 72). A diferença entre os ícones está no sentido da seta, desenhada no próprio ícone, indicando qual sentido o mesmo será acionado. Uma primeira solução apresentada por um dos sujeitos foi totalmente mecânica: acionar no protótipo, no sentido inverso, o sistema [POLIA → EIXO → ROSCA SEM FIM → POLIA DENTADA → EIXO → ALAVANCA], girando com a própria mão.



Figura 73 - Exemplar de polia, rosca-sem-fim e polia dentada

Essa solução revela que o sujeito percebeu a relação causal entre o movimento do gigante e o sistema da alavanca (caixa de redução). Da mesma forma como ergueu, a operação inversa faria o gigante "deitar". Essa primeira relação de necessidade para a mecânica do movimento foi fundamental para que, logo a seguir, pudessem realizar a mesma operação no programa. Instigados a realizar esse movimento no programa, os sujeitos não estavam bem certos de como operar essa mudança. Os comandos, em conjunto, ainda funcionavam "em bloco", não havendo uma diferenciação clara em relação a cada ícone.

A fim de provocar maior diferenciação, o PQ intervém de forma objetiva, perguntando qual comando acionava o motor, ao que ambos apontaram corretamente. Questionados sobre o sentido do movimento, também responderam corretamente. Finalmente, questionados sobre qual faria o movimento inverso, apontaram corretamente para o comando que ligaria o motor no sentido inverso. Porém, apesar de conseguirem identificar o comando corretamente, no momento de pensar a posição do comando no programa, encontraram dificuldade. Isto porque

a seqüência lógica do programa, as diferentes possibilidades de combinação de comandos, ainda não fora explorado pelos sujeitos. Dessa forma, a composição do algoritmo ainda não fora possível de ser estruturado pelos sujeitos.

Tal fato pode ser explicado a partir de duas constatações: falta de compreensão, por parte dos sujeitos, da função de cada comando e, em decorrência disso, a não compreensão da linearidade temporal que acompanha a seqüência de execução de cada comando.

Para alcançar tal compreensão – conseguir elaborar uma seqüência lógica de ações coordenadas com uma finalidade objetiva – os sujeitos deveriam não só explorar o programa modelo, como também elaborar um problema (*design*) e as soluções possíveis. Estas seriam condições essenciais para que os sujeitos pudessem inventar seu próprio algoritmo.

Outra dupla de alunas realizou uma modificação no segundo programa de exemplo do gigante, acrescentando um comando para reverter o motor e fazer com que a alavanca voltasse ao estado inicial. Tinham a idéia de fazer com que a alavanca realizasse um movimento mais amplo (180° ao invés de 90° da programação original). Para tanto, acrescentaram ao final do programa original o comando que gira o motor no sentido anti-horário. No entanto, o controle do tempo na interface do Globot trabalha com uma conotação decimal, sendo que o valor 70 corresponde a 7s. Porém as alunas pensavam que esse valor deveria fazer com que a alavanca se movesse por 70s. O PQ propõe que cronometrem o tempo para observar melhor o que se passa.

Apesar de não terem conseguido controlar o movimento conforme queriam, sua conduta revela um objetivo específico que orientava suas idéias sobre o fenômeno. Estavam certas de que o que haviam programado realizaria o movimento esperado. Porém a observação do problema no momento da execução não foi suficiente para que reorientassem sua ação no sentido de uma solução, revelando que "não entenderam" o que se passava.

Questionada sobre a função dos comandos, indicaram corretamente, dentro do procedimento, qual era o responsável pelo acionamento do motor, bem como pelo comando que controlava o tempo de execução. Apesar disso, ainda não havia entendido como exatamente funcionava a questão dos valores e do tempo correspondente.

No sentido de provocar essa descoberta e um desequilíbrio em relação as suas certezas, o pesquisador propôs que medissem o tempo através de um cronômetro.

Com relação a conduta dos sujeitos em transformar o movimento da alavanca do gigante, um fato importante a destacar foi que essa necessidade dos sujeitos em implementar a alteração ativou seus sistemas de significação, fazendo com que suas indagações sobre o

fenômeno exigissem coordenações inferenciais no sentido de atribuir significação a suas ações e, dessa forma, controlar melhor o tempo de acionamento da alavanca.

Nível C – Reflexão sobre a própria ação

Após o término da 3ª sessão, um grupo de sete alunos da turma de 4ª série participou de uma entrevista com o pesquisador. Durante essa entrevista foi possível observar a reflexão de alguns sujeitos sobre o funcionamento do goleiro e do placar.

Todos os sujeitos apontaram ser o motor a causa do movimento do goleiro, e identificaram algumas partes que compunham o sistema de transmissão do movimento (polia, elástico e alavanca), apesar de não saberem como denominar ao certo essas partes. Ao serem questionados se esse sistema tinha alguma semelhança com outros que conheciam, apareceu a idéia de "filme de cinema", fazendo alusão aos projetores. As polias possuem furos para encaixe de eixos que fazem com que sua forma se assemelhe aos rolos de projeção. O pesquisador investiga um objeto de uso mais corriqueiro, e os sujeitos mencionam a bicicleta, sendo que alguns foram capazes de identificar quais partes eram semelhantes a esse sistema (correia e roda).

Questionados sobre outras possibilidades de construção utilizando esses materiais, apareceram diversos exemplos: carro, helicóptero, casa, avião, bicicleta. Concordaram com o PQ que também seria possível contar histórias, já mencionando a possibilidade oferecida de gravar as vozes de personagens.

Pode-se afirmar que os sujeitos consideraram nos recursos utilizados a possibilidade de construir metáforas da realidade, pois foram capazes de identificar nas formas e procedimentos construídos sistemas que possuíam relação com a realidade objetiva, o mundo que os cerca. Em outras palavras, é possível que os sujeitos sejam capazes de se utilizar desses recursos para representar o mundo através de construções próprias – a técnica enquanto forma demonstrável da função simbólica dos sujeitos.

Quanto ao funcionamento do placar, uma das alunas fez uma constatação muito importante com base no relato da colega sobre o número elevado do saldo de gols de seu placar. No modelo do guia de montagens, o procedimento que controlava o placar determinava que, a cada vez que o sensor detectasse um objeto, o contador (container) fosse incrementado em 1 ponto (Figura 71). Porém, a aluna afirmou que a colega havia deixado um valor mais alto "na caixinha", o que fazia que a cada gol fosse incrementado o valor 7 ao contador. Dessa forma, a aluna encontrou uma razão lógica para que o placar das colegas

fosse tão alto, fato que outros colegas concordaram e lembrou-lhes de momentos que também acontecera o mesmo consigo.

Nesse caso, observa-se que o procedimento de controle do placar não ficou totalmente indiferenciado, pois os sujeitos conseguiram estabelecer uma relação de causa e efeito entre o procedimento arranjado no computador e o que se produzia no display do placar. Aliado a este fato está a explicação da aluna que revela a necessidade de controle por parte do programa dos fenômenos ou o funcionamento do protótipo.

Nível C – Transformações de controle compensadas

Os mesmos alunos que anteriormente estavam explorando o programa do gigante efetuaram uma transformação importante. Após intervenção do PQ no sentido de explorarem uma forma de fazer o gigante "deitar", os alunos implementaram no programa o comando para descer a alavanca. Na exploração inicial, os sujeitos substituíram ícone/comando que acionava o motor no sentido horário para o anti-horário, e precisavam acionar o programa novamente para fazer o gigante descer. Dessa vez, acrescentaram ao final do programa o ícone/comando que revertia o motor, fazendo que todo o movimento de subir e de descer fosse executado no mesmo programa.

Tal fato revela que os sujeitos puderam não só compreender o funcionamento do comando, como também a estrutura do programa, colocando o comando no tempo apropriado em relação aos outros comandos. As transformações de controle desempenham uma função importante na apropriação dos modelos, pois revelam que os sujeitos estão operando num nível de compreensão superior ao das rotinas.

Outra dupla de alunos efetuou modificações no modelo do avião, acrescentando mais duas hélices e rodas, conforme já foi apresentado anteriormente. Questionados para explicar como tiveram essa idéia, um dos alunos revelou que estava fazendo um "engate" para fazer girar uma polia. Dessa exploração, explicaram os sujeitos, surgira a idéia de construir as hélices.

Tal fato revela o poder da conduta exploratória para o surgimento de novas composições. O aluno não tinha certeza do que construir; estava experimentando uma nova composição de peças usando o sistema [POLIA → CORREIA → POLIA]. Dessa composição, surgiu a idéia das hélices. A partir desse momento, a conduta dos sujeitos passava de exploratória para uma transformação de controle, com o objetivo de implementar o movimento de mais duas hélices.

Da exploração a uma ação bem sucedida, os sujeitos se apropriaram de um novo esquema de construção que utiliza polias e elásticos. Mais adiante, na outra fase desse estudo, a construção de um helicóptero revela que esse esquema [POLIA → CORREIA → POLIA] adquirira o status de primitiva para um dos sujeitos, sendo utilizada noutra construção.

Simulação e imaginação

Em alguns momentos da etapa de montagem a partir de modelos, alguns sujeitos produziram algumas transformações no sentido de simular cenas ou partes dos objetos. Nesses casos, foi possível constatar algumas referências dos próprios sujeitos em relação a objetos e cenas reais, adaptando os esquemas de montagem às imagens que possuíam sobre o modelo ou sobre o seu contexto.

Enquanto se preparavam para iniciar o "Gol a gol", duas duplas de alunos pensaram em construir outros elementos, como torcedores e câmeras. Essa construção foi espontânea, pois não havia nenhuma instrução a esse respeito no guia de montagens. Esse é um exemplo de construção orientada a um objetivo específico, dos próprios sujeitos. Tal fato exigiu que os sujeitos ativassem seus esquemas próprios de representação, e as construções tiveram de ser adaptadas às possibilidades das formas e encaixes das peças LEGO[®]. Aliado a isso estava o fato de que, para essa construção, não havia nenhum modelo pronto de construção, como no caso das construções anteriores. O mesmo sucedeu-se para o caso dos alunos que representaram a “dança do siri”, modificando as mãos dos goleiros. Em ambos os casos, as construções serviram de metáfora da realidade.

7.1.2. Os níveis de abstração nos projetos das séries finais do E.F.

Os níveis de abstração abaixo apresentados referem-se às condutas de jovens estudantes de 5^a a 8^a série no E.F. A fim de provocar um melhor entendimento da relação entre as formas de uso dos modelos e os níveis de abstração, as categorias são discutidas agrupadas por modalidade (M-1 a M-4)

Os níveis de abstração na modalidade M-1

No Quadro 8, foi apresentada uma visão geral das condutas evidenciadas nos projetos que se utilizaram da construção com base em modelos de manual. Além da faixa etária dos

sujeitos envolvidos nessa experiência, o material de referência que continha os modelos para construção era totalmente diferente. O Manual de Atividades do conjunto LEGO DACTA™ era orientado para ações específicas, locais, envolvendo propostas de reflexão sobre o próprio funcionamento do conjunto (RCX, interface de programação, etc.). O guia de montagem continha também o passo a passo para efetuar a construção do modelo, mas os problemas propostos no guia de atividades não eram amplos e contextualizados como no caso do Globot. Não havia uma estória, apenas instruções de como se construir uma casa, um inseto, um carro e uma engenhoca. Para cada um dos projetos, aumentava o nível de complexidade dos desafios à medida que se avançava no guia. E ao final de cada desafio, havia questões no sentido de provocar o reflexionamento dos sujeitos (ex.: “o que você aprendeu?”), bem como o guia oferecia novos desafios sem apresentar uma solução (ex.: “faça agora o carro andar dois segundos, parar, e dar uma ré por dois segundos”). Dessa forma, o guia de atividades mesclava instruções passo a passo com desafios que envolviam a resolução de problemas e o relato das atividades.

Outra diferença fundamental em relação à experiência com as séries iniciais era a exigência do professor para que os alunos construíssem um relatório de atividades ao final de cada projeto. Esses relatórios envolviam discussão em grupo, bem como o reflexionamento sobre os acontecimentos ao longo das construções. Esses relatórios serviram de fonte de dados para as análises do presente estudo.

Nível B – Regulações

As evidências de regulações por parte dos sujeitos ocorreram basicamente no sentido da adequação do modelo aos observáveis dos objetos. No caso do “Modelo inseto”, colocar rodas no lugar das patas facilitava o deslocamento do protótipo, pois as rodas originais eram muito estreitas e derrapavam constantemente. Outra modificação no inseto foi quanto ao posicionamento do sensor de luz que deveria detectar objetos para acionar suas garras. Como o sensor não estava detectando em função da pouca altura dos objetos utilizados, reposicionaram o sensor mais à frente do inseto, de forma que o campo de detecção fosse mais preciso. No projeto “CartFire”, a regulação ocorreu em relação ao sistema de transmissão do movimento, quando os sujeitos alteraram o tamanho da polia do eixo das rodas, pois dessa forma o movimento do carro ficava mais lento, mas mais forte.

Em ambos os casos, as transformações no protótipo ocorreram em função da necessidade de adaptação da ação do sujeito em relação aos objetos, e não em função do significado da própria ação. Percebe-se, nesse caso, que os *bugs* na construção são elementos

que exigem adaptação do sujeito num nível mais empírico, ao contrário dos *bugs* na programação, como será apresentado mais adiante.

Nível C – Reflexão

As reflexões evidenciadas na modalidade M-1 ocorreram no sentido da compreensão acerca dos modelos utilizados. Interessante notar que no caso dos projetos “CartFire” e “Modelo Inseto” a reflexão surge como necessidade a instabilidade instaurada pelos processos regulatórios de nível “B”. A fim de dar conta dos *bugs* observados, foi necessário que os sujeitos procurassem as causas do problema, e as necessidades em função de uma solução. A reflexão é um processo necessário no sentido de possibilitar ao sujeito construir noções e conceitos em relação aos fenômenos e objetos.

Nível C – Reflexionamento

A reflexão por parte dos sujeitos possibilitou aos mesmos entenderem o funcionamento do modelo construído, principalmente sobre as partes e as relações entre as partes envolvidas, por exemplo, no sistema de transmissão do movimento. Esse entendimento garantiu que os sujeitos pudessem, através do reflexionamento, criar um sistema de significação em relação aos modelos. Esse sistema de significação tem como evidência mais objetiva a construção dos programas que controlavam os protótipos, pois nos programas estavam representados os movimentos e funcionamento do protótipo num nível superior de abstração. É possível perceber na programação dos sujeitos o uso de condicionais e operações reversíveis que dão conta, por exemplo, do deslocamento do inseto no espaço a partir de movimentos coordenados dos dois motores, representando, cada um, um dos lados do protótipo.

Nível C – Transformações de controle compensadas

As transformações de controle operadas nas atividades na modalidade M-1 (modelos de manuais) revelam que o nível de abstração dos sujeitos permitiu que controlassem de forma ascendente as transformações em relação aos objetos (o protótipo e o programa). Essas transformações com base nas abstrações do tipo reflexionante, revelam que os sujeitos foram capazes de significar suas ações de forma a coordenar as ações do programa com as ações do protótipo. A porta que simplesmente abria e fechava, agora possuía uma “chave” controlada pelo sensor de luz; as garras criadas para o inseto eram comandadas pelo sistema de detecção

de objetos, coordenando antecipadamente eventos e ações que deveriam ser realizadas pelo protótipo.

Nível C – Procedimento manipulável com status de primitiva

Todos os projetos realizados na modalidade M-1 demonstram que os sujeitos se apropriaram e fizeram uso do esquema LED (LIGA-ESPERA-DESLIGA) em vários contextos da programação. Este esquema pode ser composto com outras condições dentro da programação, de forma adequada e compensada em relação ao funcionamento dos protótipos.

A partir dos dados analisados, não só é possível evidenciar condutas de nível “C” na realização de projetos na modalidade M-1, como foi possível perceber transformações nos modelos construídos com base na apropriação dos mesmos por parte dos sujeitos.

Essa modalidade M-1 era utilizada sempre que se tinha um grupo novo de alunos participando da oficina de RE. Sendo assim, são sujeitos que não haviam tido contato prévio com estes materiais. Mesmo assim, o nível de atividade exploratória dos sujeitos permitiu que rapidamente pudessem se apropriar dos elementos relativos ao funcionamento do conjunto de robótica e revelar condutas com alto grau de significação em relação às atividades propostas nos modelos.

Os níveis de abstração na modalidade M-2

A modalidade M-2 (projetos temáticos envolvendo pesquisa sobre os assuntos dos projetos) possui alguns elementos interessantes que a distinguiu das demais modalidades de projetos de RE. O fato de os sujeitos desenharem um projeto que toma modelos reais como referência (ex.: a foto de um guindaste, de um teleférico) cria uma condição inicial que precisa ser compensada. Ao passo que os modelos de manuais usam como referência construções com as próprias peças, para uma foto de um modelo real o sujeito precisa buscar uma adequação das referências entre os observáveis do objeto (o que o sujeito crê observar) e as possibilidades dos esquemas de montagens das peças. Se o sujeito não possui essa competência em relação aos esquemas de montagem (ex.: nunca brincou de LEGO®) será preciso que o sujeito se apóie mais contundentemente nas suas convicções em relação ao modelo escolhido.

Com base no Cap. 6.1 e no Quadro 6, é possível perceber que a indiferenciação inicial dos grupos responsáveis pelos projetos “Caixa D’água” e “Moinho” revelou que os sujeitos

não possuíam modelos de referência que pudessem sustentar suas ações iniciais. A pesquisa realizada na internet não retornou com resultados que pudesse sugerir idéias de construção, pois encontraram apenas fotos de reservatórios de água. Porém, quando o professor perguntou sobre as caixas acopladas a vasos sanitários, os sujeitos encontraram um modelo de referência mais próximo, cujo funcionamento passara a ser discutidos pelo grupo, até chegarem à idéia de automatização do sistema da bóia. O mesmo aconteceu com o grupo do teleférico, que não encontrara nenhuma imagem que servisse de modelo para a casa de máquinas. Foi preciso buscar uma referência mais próxima de um “varal” com roldanas para que os sujeitos passassem a buscar por soluções adequadas a situação.

Nesses dois casos, houve uma passagem da indiferenciação ao reflexionamento com base em modelo reais e próximos aos sujeitos. Novamente, o alto grau de significação do modelo pode ser ajustado às necessidades internas de construção dos protótipos. Os reflexionamentos garantiram a construção dos programas, representando e antecipando os fenômenos na forma de algoritmo, com operações reversíveis e uso de condicionais que controlavam os protótipos.

Não houve nenhuma diferença significativa nos processo envolvendo os demais níveis em comparação com os projetos realizados na modalidade M-1.

Os níveis de abstração na modalidade M-3

Para os projetos realizados na modalidade M-3 (projeto comum com base em desafio) aconteceu uma situação inversa ao da M-2. Quando foi proposto que os sujeitos construíssem protótipos para levantar peso, as pesquisas na internet realizadas pelos sujeitos retornaram várias imagens, e muitas com riqueza de detalhes. Porém, a indiferenciação inicial mostra como os modelos de referência podem não ser suficientes se os elementos fundamentais para o seu funcionamento não são observáveis para o sujeito. A análise da experiência com as séries iniciais revela isso de forma contundente, no momento que os sujeitos não conseguem montar os modelos apesar da riqueza nos detalhes da construção oferecidas pelo manual.

Nesse caso, faltava aos sujeitos estruturas de pensamento que pudessem assimilar os elementos apresentados nas imagens. Um grupo iniciou a busca por modelos de empilhadeiras, mas, como perceberam a dificuldade que seria implementar esse projeto a partir das possibilidades de montagem oferecida pelas peças, resolveram construir um “guincho”. Outro grupo resolveu construir uma escavadeira, pois a considerava forte o bastante para erguer objetos.

Nesse projeto, pela própria natureza do desafio, os sujeitos se detiveram mais nos esquemas de montagem, procurando viabilizar soluções que dessem conta de erguer mais peso. Na programação, bastava que o motor fosse acionado para que o protótipo agisse, fato que não exigiu muito em termos de programação.

Após a realização desse projeto, o professor sugeriu que os alunos fizessem uma pesquisa na internet sobre sistemas de alavancas, encontrando e explicando a definição do que seria uma alavanca e como funcionava. Apenas um dos grupos (com a faixa etária de 12 e 13 anos de idade) conseguiu formalizar no seu relatório um conceito com as próprias palavras, enquanto que os outros grupos (10 e 11 anos de idade) contentaram-se com a cópia de um conceito pronto, sem conseguir explicar o conceito.

Os níveis de abstração na modalidade M-4

A modalidade M-4 (construções livres, com uso de modelos parciais) foi a modalidade mais adotada nas oficinas, pois dava conta de atender a diversidade de interesses dos alunos. Nem sempre os alunos se dispunham a colaborar com os colegas, ou tinham dificuldade em coordenar ações em conjunto, e os grupos acabavam por optar em realizar projetos distintos.

Nível A – Indiferenciação

Nos projetos de construção livre, sem modelos, os alunos que participavam pela primeira vez das oficinas encontravam dificuldades adicionais, pois tinham de efetuar uma dupla apropriação: dos elementos da construção (peças e programa) e o próprio problema definido no *design* do projeto. Muitos projetos são inicialmente apresentados sem diferenciar elementos, e sem apresentar partes fundamentais ao funcionamento do protótipo.

Nível B – Exploração

Em função da indiferenciação inicial, as condutas exploratórias, com vários arranjos de montagens, acabam sendo o caminho da abertura de novas possibilidades. É assim que, nessa modalidade, muitos projetos são remodelados, desfeitos e rearranjados, tanto na construção quanto na programação.

Nível B – Regulação

No mesmo caminho da exploração, as regulações foram constantes. Qualquer problema em relação ao efeito esperado, fazia com que os sujeitos alterassem o projeto,

modelando os protótipos de acordo com os resultados. Essa condição de instabilidade, na qual qualquer problema observado pelo sujeito faz com que reoriente suas construções, na verdade é processo de ativação das estruturas de pensamento, condição necessária ao reflexionamento. Exemplos claros desse tipo de regulação foram os projetos “Turbo Car” e “Car to Night”, que tiveram que diminuir o comprimento dos seus protótipos em função das curvas desenhadas na pista. Nesses casos, o reflexionamento e as coordenações inferenciais abrem possibilidade para as regulações; estas, por sua vez, servem para compensar e ajustar as ações dos sujeitos em relação aos observáveis do objeto.

Nível C – Reflexão

Conforme mencionado anteriormente, a reflexão reconstrói e reorganiza aquilo que foi transferido de um nível inferior para um superior. Por esse motivo, a reflexão é processo necessário à elaboração de noções e conceitos, regras gerais que sustentam o controle ascendente do sujeito para com os objetos. Na modalidade M-4 foi possível evidenciar várias situações que revelam esse nível de abstração. No projeto “Kza Viva”, por exemplo, a razão pela qual o elevador não se alinhava com o segundo andar da casa exigira dos sujeitos que o problema fosse pensado a partir de causas não observáveis diretamente (o elevador aumentava o desnível em função da imprecisão do motor em relação ao tempo, problema característico dos motores de corrente contínua). Nos projetos “Car to Night” e “TurboCar” o desalinhamento das rodas dianteiras ao fazer curvas era efeito da programação e não de algum *bug* mecânico.

Nível C – Reflexionamento

Assim como nas outras modalidades, esse nível de abstração pode ser evidenciado na etapa de programação dos protótipos, revelando que os sujeitos, ao construírem seus protótipos sem modelos, foram capazes de representar e antecipar seu funcionamento através da atividade de programação. As transformações de controle efetuadas revelam essa apropriação de forma mais evidente.

Nível C – Transformações de controle

As transformações de controle na modalidade M-4 puderam ser mais evidenciadas. Os sujeitos realizaram várias alterações nos seus projetos à medida que o desenvolvem. Essas transformações mostram o poder que as abstrações reflexionantes no que se refere à produção de composições novas, pois aumentaram o poder dos sujeitos sobre os seus protótipos. É

evidente o controle que os sujeitos demonstram nas transformações operadas desde a mecânica dos protótipos até o seu controle. O controle do nível do elevador através de um sensor de toque (“Kza Viva”) ou o alinhamento das rodas dianteiras para permanecer na pista (“Car to Night” e “TurboCar”) são exemplos de como a compreensão das razões necessárias e contingentes em relação a um dado fenômeno torna possível o desenvolvimento de soluções otimizadas, novas composições graças às mudanças de significado que os sujeitos efetuaram em relação as suas próprias ações. Esse nível de abstração é evidência do controle ascendente que os sujeitos podem estabelecer em relação as suas construções.

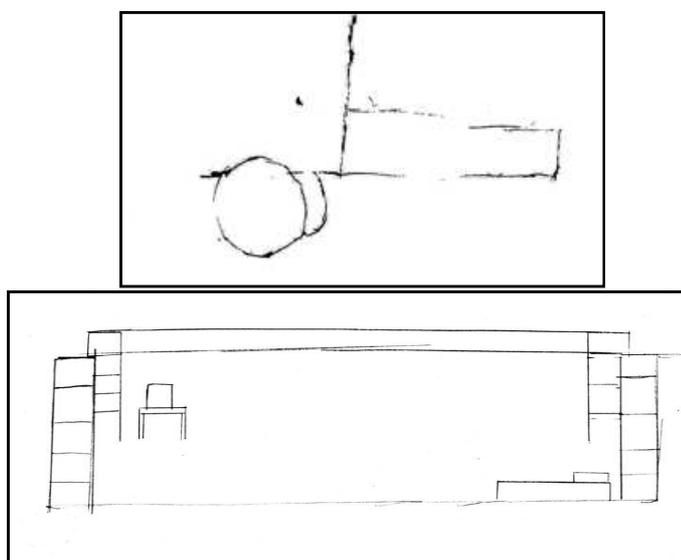


Figura 74: Desenho dos protótipos “Carro” e “Casa”

7.2. As construções microgenéticas e o design em robótica

Como foi apresentado anteriormente, para que a robótica assuma um papel inovador em educação, o design e a invenção devem assumir um papel central. Se for entendido que o design passa necessariamente pela modelagem, é pressuposto que o sujeito, a fim de se lançar na construção de algum protótipo, parta de um saber ou modelo de referência próprio. No que concerne às microgêneses, parte-se sempre da hipótese de que um conhecimento prévio ativado pelo sujeito ao resolver um problema é um conhecimento difuso, indiferenciado em relação à totalidade do seu objetivo. Estudos anteriores apontam para essa indiferenciação inicial na modelagem de protótipos (Lopes & Fagundes, 1995), nos quais se pode perceber que, ao desenhar seus protótipos, os sujeitos não apresentam todos os elementos mecânicos e lógicos articulados. É assim que quando os sujeitos se propõem, por exemplo, a construir um carro, quase sempre partem da reprodução de um modelo real, de um “carro em geral”,

identificando uns poucos elementos que vêm a qualificar o seu protótipo como tal (rodas, carroceria, portas, cano de descarga, etc.). Já de início, dificilmente aparecem elementos mecânicos vitais para o funcionamento do mesmo (motor, engrenagens e sistemas de transmissão, etc.).

Nos exemplos da Figura 74, são apresentados os desenhos de dois grupos de estudantes de 6ª série do Ensino Fundamental, de 11 anos de idade, que queriam construir, respectivamente, um carro e uma casa.

À primeira vista, este modelo genérico inicial, em bloco, com poucos detalhes, pareceria óbvio e esperado, já que o problema de se construir “um carro” e “uma casa” não está posto em termos de seu funcionamento ou de suas especificidades. Porém, por se tratar de uma atividade de RE, os próprios sujeitos acrescentaram aos seus projetos adjetivos que indicam uma diferenciação conceitual e idealizada: o carro deveria ser “um carro inteligente” e a casa deveria ser “viva, do futuro”.

Quando apareceram as primeiras diferenciações em relação à representação que os sujeitos tinham de um objeto real em relação a um objeto idealizado, os problemas foram surgindo, passando a integrar e a conduzir sua atividade em relação à criação ou invenção de modelos que pudessem dar conta de novos possíveis. Ao serem questionados sobre como funcionariam seus protótipos, os sujeitos acrescentaram aos adjetivos “inteligente” e “viva” suas razões ou “porquês”. Desde então, passaram a definir o problema inicial a ser resolvido: “o carro é inteligente porque segue uma luz” e “a casa é viva porque é automática” – portas que se abrem por controle, luzes que piscam, etc. Estes “porquês”, ao mesmo tempo que explicavam seus projetos, constituíram-se em problemas totalmente integrados aos objetivos dos sujeitos, condição fundamental para que seja possível coordenar ações com elevado grau de significação para os mesmos. Com a abertura para novas possibilidades, alguns dos elementos mecânicos passaram a integrar os modelos (motores, engrenagens, botões, sensores, etc.). Inicialmente, essa integração se deu de forma desarticulada ou inapropriada, mas que, sofrendo sucessivas regulações em relação ao objetivo, acabaram por integrar o modelo inicialmente idealizado. Os modelos iniciais apresentados (como na Figura 74), por sua vez, também se alteraram em função das transformações retroativas, isto é, as modificações dos sujeitos em relação aos resultados de suas ações sobre os objetos (no caso, peças LEGO®, motores, engrenagens, etc.). O produto final (Figura 75) mostra como as alterações no design produziram novas possibilidades lógicas e estéticas, que também puderam ser evidenciadas através dos elementos da programação dos protótipos e das

explicações que os estudantes deram acerca do seu funcionamento – como será apresentado mais adiante.

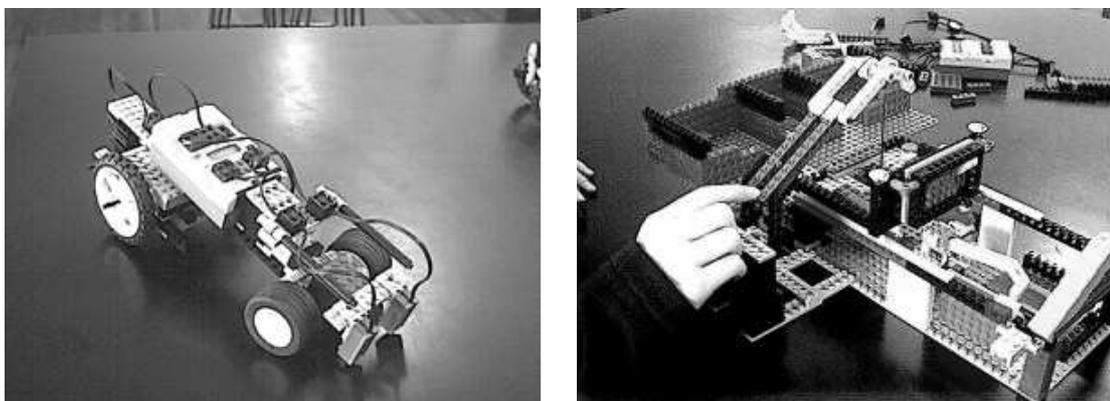


Figura 75: As versões finais dos protótipos “Carro inteligente - TurboCar” e “Kza Viva”

O exemplo acima (Figura 75) mostra como a invenção destes modelos e a criação de novas possibilidades pode abrir caminho para a construção de novos conhecimentos. Porém, para que seu conhecimento se torne uma tecnologia aplicável, o sujeito precisaram integrar seu modelo (ex.: sua “idéia de carro”) aos procedimentos (ex.: “funcionamento do carro”), e, para tanto, precisaram efetuar uma dupla passagem: do difuso ao preciso e do disperso ao unitário – foi esta dupla passagem que se consistiu numa evidência de construção microgenética.

7.3. A definição e escolha de rotinas

Ainda acerca das transformações microgenéticas, pode-se perceber no design, depuração e programação dos protótipos em robótica que (1) as mudanças de significado e (2) as transformações de controle são importantes campos conceituais para serem analisados.

Com relação ao primeiro campo, a definição e escolha de rotinas pelos sujeitos são, inicialmente, essenciais e se constituem como um primeiro processo de adaptação do sujeito em relação ao problema. Esta escolha se dá a partir da ativação de esquemas familiares ao sujeito, simplesmente pela sua pertinência em relação à situação e objetos envolvidos. É assim que uma casa, inicialmente, possui paredes, portas e janelas e o carro, essencialmente, eixos e rodas.

Para demonstrar esse processo, pode-se observar o exemplo a seguir, envolvendo o mesmo grupo que estava construindo a “Kza viva”. Em dado momento, o grupo idealizou

uma porta automática, que abriria com o apertar de um botão. Como solucionar o problema de abrir esta porta automaticamente? Com o objetivo de ativar esquemas de referência próprios dos sujeitos, perguntou-se a eles como faziam para abrir uma porta, e solicitou-se que demonstrassem. Sem problema algum, responderam o que normalmente se faz para abrir uma porta: utiliza-se o braço e a mão na maçaneta e abre-se a porta. Através da observação e análise da ação de abrir a porta, perceberam que o braço era a ferramenta principal desta ação, e partiram para a construção de um sistema que simulasse o movimento do braço ao abrir a porta, sistema que culminou com o protótipo apresentado na Figura 76.

Apesar do grupo não estar familiarizado com o material (Kits LEGO® Mindstorms™) e estar participando pela primeira vez de atividades de RE, rapidamente implementaram uma solução para o problema apresentado. Esta solução foi possível em função do alto grau de significação do modelo que possuíam (o próprio braço, no caso) para com o problema que se apresentava.

O problema já estaria resolvido se não fosse a discussão que o grupo teve em relação ao modo de funcionamento da casa. Esta “Kza viva”, além de abrir a porta automaticamente, também possuiria outras características. O grupo resolveu que, por segurança, a porta deveria ser aberta por alguém de dentro da casa, e a “campainha”, ao ser acionada, faria piscar uma luz e tocar um som, para que tanto cegos quanto surdos pudessem perceber que alguém queria entrar. Estas decisões em grupo são fundamentais no sentido de favorecer a cooperação, já que o problema precisa estar com alto grau de significação para todos, a fim de que a coordenação das ações possa ocorrer em conjunto e não apenas isoladamente ou individualmente.



Figura 76: “Kza viva” – sistema de abertura automática da porta
construído a partir da observação do movimento de um braço
abrindo uma porta

Durante a etapa da programação, pode-se observar como este tipo de atividade favorece o enriquecimento dos sistemas de significação dos sujeitos. A fim de implementar o funcionamento acima descrito, o grupo iniciou explorando o modo de programação do ROBOLAB[®]. Num primeiro momento, usaram um modelo simples (Figura 77) que apenas ligava a lâmpada por 5 segundos. Este modelo possuía uma lógica básica, bem elementar, para o controle dos protótipos. Esta lógica era baseada no esquema LIGA→ESPERA→DESLIGA (LED). Ao longo da construção do programa, pode-se observar a utilização deste mesmo esquema até que chegassem num resultado satisfatório e o protótipo da “Casa viva” funcionasse da forma idealizada.

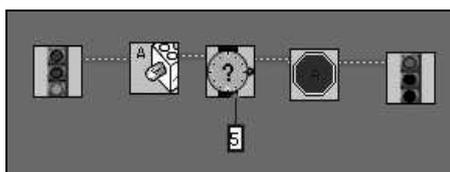


Figura 77: Programa simples que liga uma lâmpada conectada à porta
“A” do RCX, espera por 5 segundos e desliga a mesma
lâmpada

Na Figura 78, pode-se observar o esquema LED em várias etapas e o maior trabalho do grupo foi testar e programar os tempos de espera entre uma ação e outra. Assim, calcularam quanto tempo o motor deveria ficar ligado para que a porta abrisse e fechasse totalmente. Este tempo de espera foi determinado pelas próprias condições mecânicas do sistema elaborado (força do motor, ângulo da alavanca, etc) e não chegou a ser formalizado pelos sujeitos. Porém, um exemplo que revela a total integração deste esquema LED com a representação do funcionamento da casa foi quando o grupo discutiu quanto tempo a porta deveria ficar aberta. O grupo estabeleceu que, quando o “sensor-de-toque 2” fosse acionado, a porta deveria permanecer aberta por quatro segundos e fecharia automaticamente. Para o grupo, este seria o tempo de espera suficiente até que uma pessoa entrasse na casa. Observa-se que, desta vez, o tempo não foi determinado pelos elementos mecânicos envolvidos na abertura da porta, mas sim por uma exigência dos próprios sujeitos, que consideraram o tempo razoável em função da experiência de cada um.

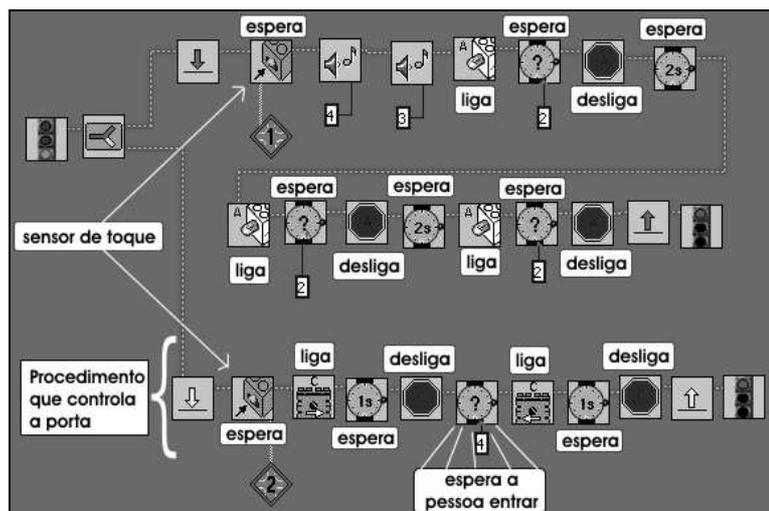


Figura 78: Programa que controlava o funcionamento da “Casa viva”

Pelos resultados observados, constata-se que, além dos elementos mecânicos e estéticos envolvidos no design e depuração dos protótipos, a atividade de programação contribuiu para a abertura de novas possibilidades, no momento em que se constitui como objeto comum da atividade dos sujeitos e sobre o qual o grupo pode coordenar suas ações no sentido de fazer funcionar seus protótipos. E é exatamente esta abertura para novas possibilidades que motiva os sujeitos a aprender, buscar soluções para problemas e situações próprios, isto é, com um alto grau de significação.

Tanto nas etapas de modelagem e montagem dos protótipos quanto na de programação, demonstra-se à importância da escolha das rotinas e procedimentos pelos próprios sujeitos e, principalmente, que possam de alguma forma ser familiares a eles, ou seja, possam ser ativadas a partir de seus próprios esquemas.

7.4. A utilização de modelos de protótipos

Como foi afirmado anteriormente, nas atividades de construção de protótipos em RE, é comum pensar que basta aos sujeitos copiar modelos prontos para assimilar novos conceitos. Este equívoco é comum e facilmente demonstrável, como será apresentado a seguir.

Um grupo de 4 sujeitos, estudantes de 5ª série, com 10 anos de idade, queria construir um carro que, além de se movimentar para frente e para trás, virasse as rodas dianteiras com um sistema de direcionamento semelhante ao de um automóvel comum. Foi fornecida aos sujeitos uma revista que continha um modelo de direcionamento das rodas como o da Figura 79. A revista apresentava o modelo em partes, compondo blocos numa seqüência de

montagem até o produto final. Os sujeitos montaram conforme as instruções, porém, fizeram uma alteração importante e reveladora que demonstra como este modelo ainda não estava integrado como uma solução possível para o problema de "virar as rodas" do carro.

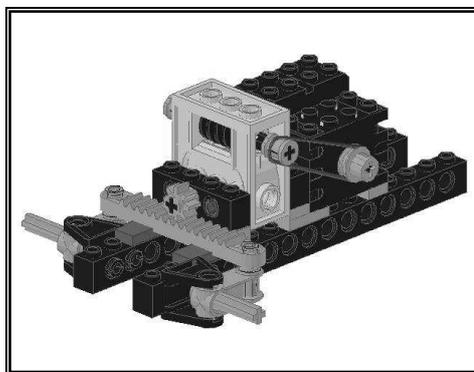


Figura 79: Modelo de revista para sistema de direcionamento das rodas

Na Figura 80, pode-se observar no protótipo construído pelos sujeitos que o modelo copiado da revista foi posicionado na parte traseira do carro. O grupo inferiu que este modelo serviria para movimentar o carro (tração) e não para controlar a sua direção. Para a surpresa dos sujeitos, ao ligarem o motor num alimentador de testes, o carro virou as rodas ao invés de se movimentar. A partir de então, passaram a construir, agora sim, a parte traseira do carro, e o modelo da revista foi integrado ao projeto como uma solução viável em relação ao problema de virar as rodas do carro.

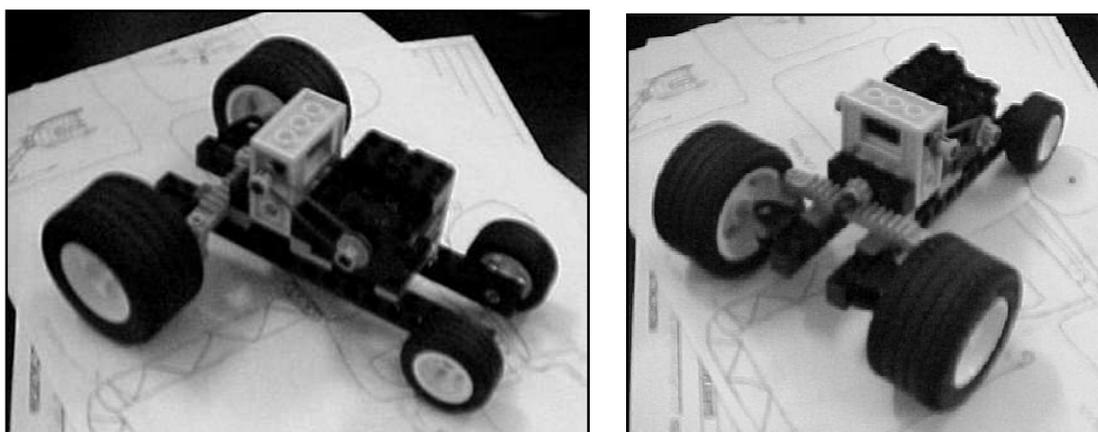


Figura 80: Protótipo inicial de carro produzido a partir da apropriação de modelo

O maior problema nas montagens a partir de modelos prontos é que todos os erros e problemas já foram testados e corrigidos, fazendo com que o sujeito apenas observe o

resultado, quase sempre bem sucedido em função da riqueza de detalhes oferecidos para a montagem. Nestes casos, os modelos acabam permanecendo como uma representação em bloco, pouco generalizável, rotinas não componíveis ou articuláveis o suficiente para enriquecer os sistemas de esquemas do sujeito e serem aplicados em outras situações. Isto não quer dizer que os modelos de montagem não possam ser utilizados, mas que este tipo de atividade não é suficiente para desenvolver a criatividade do sujeito.

Para muitos educadores, a função de apresentar um modelo aos alunos é suficiente para transmitir um sistema de significações postas a priori (modelo de transmissão do conhecimento). Como se pode perceber no caso do modelo acima, foi preciso a ação e a análise do resultado dessa ação pelos sujeitos a fim de que o modelo pudesse ser efetivamente aplicado como uma solução para o problema. Mesmo assim, não se pode afirmar que este modelo tenha sido assimilado pelos sujeitos, pois ele ainda aparece em bloco, como uma solução para um problema específico, podendo ser igualmente rejeitado em bloco numa outra situação semelhante.

7.5. De rotina à primitiva

Uma primitiva é sempre ajustável a novas situações, enquanto que uma rotina funciona somente em blocos não-componíveis ligadas a objetos específicos. Entre rotina e primitiva, opera-se um segundo processo de adaptação: após a escolha das rotinas ligadas à situação problema ou função dos objetos, agrega-se a significação em função da solução. Com isto, uma rotina poderá ser rejeitada em função de sua não-significação em relação ao problema proposto. Esta operação entre rotina e primitiva “constitui um elemento de base da construção microgenética, sendo reconhecida como elemento-chave da resolução e condição necessária para a solução.” (Saada-Robert, 1996; p. 112)

O que se pode perceber na conduta dos sujeitos é que tais modelos apresentados prontos continuam sendo aplicados em bloco, como esquemas que servem para resolver problemas específicos. Por exemplo, o sistema {motor+eixo → engrenagem → eixo+roda} é um sistema de transmissão de movimento que acaba por ser bastante útil em diversas situações. Tais sistemas acabam se tornando familiares aos sujeitos, ligados a um controle ascendente do significado em bloco que este esquema possui em relação ao todo, e enquanto rotina funciona na maior parte das vezes.

No entanto, quando estas rotinas não são adequadas aos novos problemas, devem sofrer transformações e adaptações que, ao mesmo tempo em que enriquecem os esquemas do

sujeito, revelam se o sujeito foi capaz ou não de assimilar todos os elementos que compõem as partes integrantes de um dado modelo, bem como as relações entre essas partes. Ou seja, as abstrações empíricas (observação dos resultados positivos ou não do funcionamento dos protótipos) não garantem que o modelo tenha sido assimilado pelo sujeito, é a abstração reflexionante (refletir sobre suas hipóteses e o significado de suas próprias ações sobre os protótipos) que garantirá sua assimilação.

7.6. De primitiva a procedimento

Uma ação primitiva isolada, apesar de necessária, ainda não tem o poder de oferecer uma solução para um dado problema. Saada-Robert (1996) utiliza-se do termo *procedimento-tipo*, ou unidade de procedimento manipulável, que, enquanto bloco, poderá servir de rotina ou primitiva num outro contexto. Dessa forma, a ação (primitiva) de conectar engrenagens seguramente servirá para propósitos diversos desde que o sujeito, na atualização de seus esquemas frente a um novo problema, gere novas composições e modelagens que mantenham sua ação com um alto grau de significação em relação à solução do problema (status de primitiva, como no exemplo de programa que usa as primitivas LED – Figura 77). Do contrário, se tais ações aparecerem indiferenciadas (status de rotina), poderão ser rejeitadas em bloco, caso o resultado não seja satisfatório.

Tal rejeição pode freqüentemente ser entendida como um bloqueio dos sujeitos na resolução de um problema, pois muitas ações necessárias são descartadas pelo status que o sujeito lhe confere e não propriamente pelo conteúdo da ação. “O bloqueio pode ser vencido quando o sujeito modifica o significado de sua ação sem rejeitar a ação em si”. (Ibidem; p. 115). Um exemplo dessas mudanças de significado da própria ação pode ser observado no exemplo do grupo anteriormente apresentado, que utilizou um modelo de direcionamento das rodas (Figura 79 e Figura 80). Apesar da constatação de que o efeito produzido (virar as rodas) não fora o esperado (deslocar o carro), o modelo não foi descartado, mas sim incorporado ao protótipo de forma mais adequada (Figura 81).

Num outro momento, este mesmo grupo criou um programa para controlar o carro (Figura 81) e este programa deveria fazer com que o carro se movimentasse em “zigue-zague” após receber uma mensagem de outro protótipo. O motor ligado à porta “C” controlaria o movimento do carro e o ligado à porta “A” controlaria a direção do mesmo, produzindo o “zigue-zague”. Porém, ao testar o programa, não notaram que os fios que conectavam os motores às portas “A” e “C” do RCX estavam invertidos, o que fez com que o carro se

movimentasse para frente e para trás. Imediatamente, ao invés de supor que o problema pudesse estar na programação, o grupo constatou o problema e religou os fios. Foi uma ação precisa, revelando que os sujeitos foram capazes de coordenar seus esquemas de ação – representados pela lógica formal do programa – sem simplesmente descartá-los e inferir sobre os resultados dessa ação, resolvendo o problema. Percebe-se aqui a abstração reflexionante como processo que revela o alto grau de significação do programa elaborado pelos sujeitos com o problema que se apresentava, pois em nenhum momento eles colocaram em questão o funcionamento do mesmo, mas sim o do protótipo – os fios invertidos.

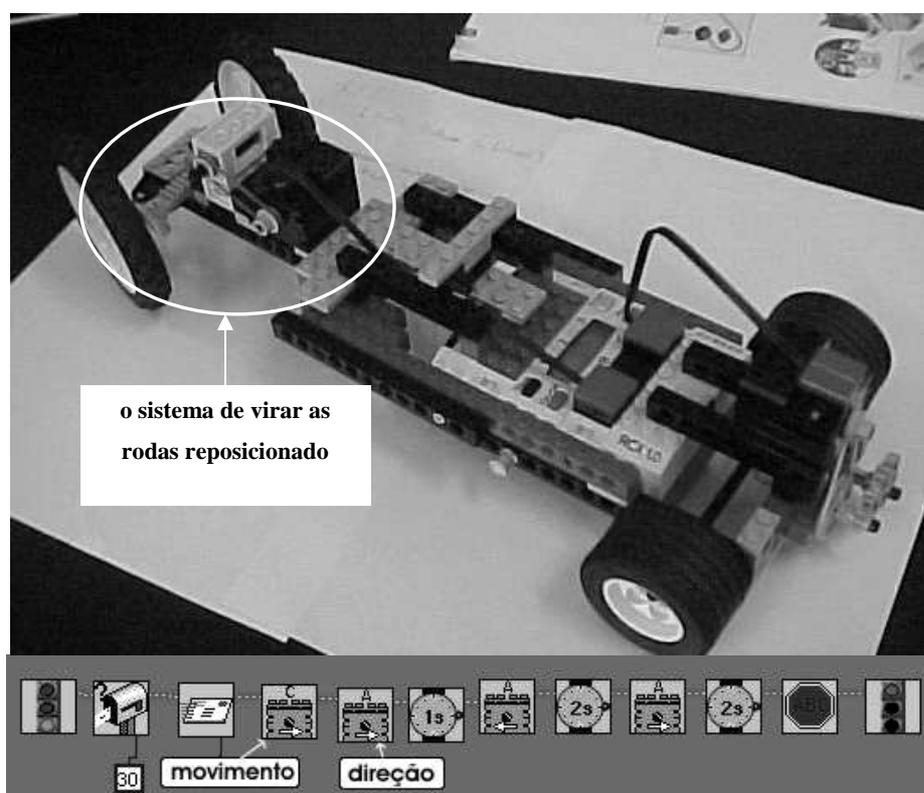


Figura 81: O protótipo do “Carro” e o programa que o fazia se movimentar em “zigue-zague”

Pelo que foi apresentado até então, constata-se que a atividade de design possibilitou aos sujeitos sustentar o desenvolvimento de ações com alto grau de significação em relação aos problemas que surgiam ao longo da implementação de seus protótipos. A experimentação e a exploração dos modelos a partir dos próprios objetivos dos sujeitos permitiram que estes modelos fossem integrados aos seus projetos. Da mesma forma, como no caso da “Kza Viva”, a observação e a análise de alguém abrindo uma porta serviram de modelo implementado na solução do problema que se apresentava. No entanto, o que foi assimilado foram apenas os sistemas de alavancas em ação no movimento do braço, e não toda a sua fisiologia. Percebe-se

aqui um tipo de construção por analogia parcial, no qual os sujeitos abstraíram do modelo apenas o que lhes servia para o problema – assim como fazem os designers. A questão envolvendo o uso de modelos voltará a ser abordada mais adiante, no outro experimento.

Dentre os processos de construção envolvidos, foi possível perceber o estabelecimento de rotinas pelos sujeitos, a sua passagem à primitiva, bem como a conseqüente composição das diversas primitivas em procedimento. Dessa forma, foi possível constatar que ocorreram transformações microgenéticas durante as atividades de design, de depuração e de programação dos protótipos. Porém, pode-se constatar que as transformações mais importantes aconteceram na etapa de programação dos protótipos.

Tal fato se deve a dois motivos. O primeiro, obviamente, é o fato de que o funcionamento dos protótipos depende da programação dos micro-controladores que acionam os motores, etc. O segundo é exatamente o fato de que a lógica do controle dos protótipos é por si só uma formalização dos seus movimentos e ações. Dessa forma, eliminados todos os problemas mecânicos, restava aos sujeitos regularem no programa as suas ações.

8. CONCLUSÕES

Ao longo do desenvolvimento desse estudo percebe-se a importância que a dimensão do “fazer” adquire no processo de aprendizagem dos sujeitos. No caminho das descobertas pela criança e do desenvolvimento das abstrações, essa dimensão é condição necessária para que o sujeito possa interiorizar e pensar sobre suas ações. Porém, como foi discutido anteriormente, a simples interiorização das ações ou de modelos não dá conta do entendimento sobre as construções criativas dos sujeitos, a inovação no seu sentido psicológico.

8.1. O uso de modelos e as construções criativas

Como a exploração de modelos pode provocar condutas cognitivas que dêem suporte às construções criativas?

As diferentes modalidades de exploração dos modelos que foram avaliadas no presente estudo trazem algumas evidências importantes no sentido de revelar esse processo.

A modalidade M-1 (construções e partir de modelos de manual) realizada nas turmas de séries iniciais através da utilização do material impresso do Globot (guia de atividades e de montagem) não foi suficiente para que os sujeitos ativassem sistemas de significação que os colocasse na condição de antecipar os fenômenos – o funcionamento do protótipo com vistas a um objetivo. O contexto das histórias não fora compreendido ou o foi parcialmente. Dessa forma, as atividades propostas não foram assumidas pelos sujeitos. Ao invés de suas ações estarem orientadas em função de um objetivo ou desafio (“construir um chutador que chuta a bola o mais longe possível”, “construir um goleiro mecânico que não deixa a bola passar”) as atividades estavam orientadas à montagem. Com isso, ao invés de buscar referências próprias no sentido de estabelecer as primeiras reflexões sobre os modelos apresentados, as rotinas estabelecidas pelos sujeitos ficaram no nível da atividade perceptiva, comparando os modelos do manual com o que ia sendo produzido, buscando uma equivalência visual. O próprio funcionamento dos protótipos acabava sendo, muitas vezes, um elemento surpresa, ou até mesmo decepcionante diante de algumas expectativas geradas (“ele [o avião] não anda!”). Em outros momentos, não houve uma compreensão do funcionamento dos modelos, como no caso do movimento aleatório do goleiro. A compreensão acabava sendo superficial, sendo os observáveis dos objetos o que regulava a maior parte das ações e, obviamente, das abstrações

empíricas. Dessa forma, a maioria dos alunos não conseguiu chegar num de nível de abstração que lhes permitisse exercer um controle ascendente sobre os protótipos, condição necessária para as transformações de controle.

Já na modalidade M-1 utilizada no contexto das séries finais (5^a a 8^a séries) foi evidenciado um resultado diferente. A própria idade dos sujeitos pode ser apontada como um fator importante no sentido da diferença dos níveis de operatoriedade do pensamento numa e noutra faixa etária. Porém, a característica das atividades propostas no material impresso utilizado também pode ter tido um papel fundamental em relação às condutas dos sujeitos.

Ao passo que o material do Globot, usado no contexto das séries iniciais, apresentava as atividades orientadas a um problema mais geral e dentro do contexto de uma estória, os guias de atividades do conjunto MindstormsTM apresentavam problemas locais, específicos, no sentido do entendimento acerca de como funcionava o próprio conjunto (RCX e interface de programação). O primeiro focava a idéia de construção temática, no sentido de abrir possibilidades para um trabalho interdisciplinar em sala de aula, contextualizando o problema. O segundo objetivava a competência dos sujeitos em se apropriar dos esquemas que controlavam o próprio conjunto. O questionário que compunha o material do MindstormsTM exigia que os sujeitos refletissem sobre cada uma das atividades propostas no material impresso. Foi assim que os sujeitos nesse contexto foram capazes de refletir mais e compreender as necessidades locais para fazer funcionar os protótipos. Essa condição de reflexão garantiu o desenvolvimento de projetos posteriores, bem como a realização de algumas transformações importantes nos modelos originais, conforme se pode observar no relato das experiências.

As etapas de design, montagem e testagem dos protótipos em vários momentos são sustentadas por abstrações empíricas, pois tomam como base os efeitos mecânicos dos movimentos dos robôs, bem sucedidos ou não. Observar e constatar, por exemplo, que uma engrenagem menor no eixo do motor e uma maior no eixo das rodas produzem um movimento mais lento do carro, porém mais forte, é fruto deste tipo de abstração com base nas propriedades dos objetos. No entanto, as relações lógico-matemáticas, as regras de proporção que orientam um sistema de engrenagens ou de alavancas, os comandos e condicionais do programa (se... então...) que controlam o robô, por sua vez, exigem do sujeito refletir e coordenar suas ações (objetivas e subjetivas). Portanto, caracterizam abstrações do tipo reflexionante, pois, apesar de estarem de acordo com a realidade do sujeito, atribuem-na significado. Neste sentido, a abstração reflexionante é sempre ato criativo, pois é sempre reconstrução da realidade sob novas formas de pensar e representar o mundo. Dessa forma,

com o suporte teórico da EG, é possível pensar a criatividade com base nos processos da abstração reflexionante, no momento em que o sujeito, através da reflexão, é capaz de superar a sua própria condição de impossibilidade, criando novos campos nocionais e conceituais, saindo do nível da indiferenciação até ser capaz de efetuar transformações de controle.

Já nas modalidades M-2 a M-4, as condições de uso dos modelos (pesquisados pelos sujeitos ou demonstrados pelo professor) não produziram diferenças significativas quanto aos níveis de abstração evidenciados. Nesses casos, a diferença situou-se muito mais em relação às apropriações, aos processos que cada projeto suscitava em termos das descobertas pelos sujeitos.

A questão do uso de modelos e de exemplos se refere muito mais a um problema pedagógico que propriamente de aprendizagem. As pedagogias acreditam em demasia no poder que possuem sobre o desenvolvimento do sujeito, porém o que se verifica é que o ser humano vem historicamente aprendendo e se desenvolvendo a revelia das pedagogias. As aprendizagens piagetianas (PAPERT, 1994), aquelas que acontecem sem a interferência do ensino formal (caminhar, falar, etc.), revelam essa independência do sujeito em relação às metodologias de ensino. Assim, se o uso ou não de modelos e exemplos contribui ou não para os processos criativos, é uma questão que irá depender quase que exclusivamente das condições do sujeito em relação ao entendimento que faz destes. O que se pode afirmar, a partir dos casos apresentados, é que existem algumas condições para que o uso de modelos contribua para esses processos.

Uma primeira condição seria a necessidade do sujeito. Existe uma questão ou problema que possa orientar suas condutas? O que ele procura? Para essa condição, o papel do design é importantíssimo, pois ao desenhar seu projeto, já cria as primeiras condições de possibilidade do surgimento dos “bugs”²², podendo-se afirmar que não há possibilidade de processo criativo sem um problema. Nos casos apresentados, as mudanças mais significativas efetuadas nos modelos dos manuais aconteceram em função de um problema que passou a orientar as condutas dos sujeitos (como no caso dos goleiros – Figura 19 – e do avião – Figura 22). O uso desses modelos em outras situações comprova a apropriação dos mesmos por parte dos sujeitos. Nos projetos da “Caixa D’água” e do “Teleférico”, por exemplo, a dificuldade em encontrar modelos de referência (próprios e na pesquisa efetuada pelos sujeitos) revelou uma dificuldade inicial em abstrair formas de representar o que queriam construir. Essa

²² Ver <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Bug>>

dificuldade foi superada no momento que os sujeitos encontraram modelos próximos e adequados a situação (caixa d'água acoplada e varal com roldanas).

Cabe ressaltar aqui a importância da mediação do professor no sentido da superação de algumas limitações dos estudantes. Como já foi mencionado anteriormente, é comum confundir uma abordagem pedagógica construtivista com a idéia do “*laissez faire*”, que propõe a intervenção mínima do professor. Nos projetos recém mencionados acima, o fato de o professor constatar a necessidade dos sujeitos estabeleceu o momento da intervenção; ao mesmo tempo, ao invés de fornecer uma solução pronta, o tipo de intervenção aconteceu no sentido de trazer à tona um conhecimento que lhes era familiar, próximo. Com base nesses modelos, os estudantes foram capazes de implementá-lo e adequá-lo as situações particulares dos projetos.

Uma segunda condição seria a adequação do modelo ou exemplo. Essa adequação deve ser considerada em dois níveis: em relação ao problema e as possibilidades de entendimento do sujeito. A adequação ao problema é mais óbvia; não se apresentaria o modelo de uma ponte para o problema de fazer um carro andar. Já adequação em relação ao sujeito não é tão simples de se resolver, pois precisa considerar o nível de complexidade do modelo e as possibilidades de entendimento do sujeito. Se só é possível saber se o modelo foi demasiado complexo a partir da própria interação do sujeito com o modelo, como determinar antecipadamente se o nível de complexidade é adequado? Esse problema está diretamente relacionado com uma terceira condição para o uso de modelos.

Os modelos devem possibilitar a exploração por parte do sujeito, ou seja, não é suficiente apresentar a figura ou foto do modelo. Deve ser oportunizado que os sujeitos montem o protótipo-modelo e compreendam seu funcionamento, promovendo alteração das partes e adequações em função do objetivo do projeto inicial. Dessa forma, os próprios sujeitos deverão ser capazes de avaliar a adequação do modelo apresentado. Nesse caso, se for complexo demais para o sujeito e ele não for capaz de entendê-lo, será imediatamente descartado; sendo capaz de entendê-lo, poderá avaliar a pertinência para o seu projeto. Assim, a adequação quanto à complexidade deve ser atribuição do próprio sujeito, já que, antecipar precipitadamente se os sujeitos têm ou não condições de entender o modelo, pode levar a uma sub ou superestimação em relação aos mesmos.

No caso específico da robótica, um modelo complexo seria um protótipo que realiza várias funções e incorpora diversos esquemas de montagem (ex.: um carro bate-e-volta que abre os faróis e o capô e com sistema de direcionamento nas rodas dianteiras). Para cada uma das funções existe uma técnica empregada, e talvez nem todas sejam adequadas ao problema

que se quer resolver. Além disso, o tempo de montagem seria muito grande. Nesse caso, o ideal seria trabalhar com *esquemas de montagem*, modelos ou soluções de máquinas que produzam um determinado afeito (ex.: sistema ou caixa de redução) ao invés de protótipos inteiros. Como foi visto anteriormente, tais esquemas funcionam, inicialmente, como rotinas, passando a primitivas na aplicação em relação ao problema e, posteriormente, a procedimento generalizável quando aplicado a outras situações. Nos projetos da “Kza Viva” e da “caixa D’água” se pode observar na solução para o problema de “abrir a porta” e de “ligar e desligar o compressor de ar” como as soluções podem ser simples e eficientes, desde que os sujeitos sejam capazes de refletir sobre os modelos, sejam estes dos manuais, sejam do próprio mundo.

Ao contrário, como foi possível observar no caso das construções indiferenciadas a partir dos modelos do guia de construção do Globot, se os modelos montados do livro, tanto o protótipo quanto o programa, não forem explorados a partir de um objetivo que oriente as ações dos sujeitos, os modelos acabam por serem tomados em bloco. Qual a origem da dificuldade em “ver” o elástico que ligava o motor a uma polia? Simplesmente, as partes não têm função. Isso porque o objetivo que orientava os sujeitos naquele momento era o de estabelecer uma correspondência por analogia entre as figuras do livro com as peças LEGO® e o programa do Globot – como um jogo de quebra-cabeças em 3D. Não havia nenhuma questão que ativasse outras condutas cognitivas, a não ser as da percepção. Como nenhum deles havia explorado o programa e nem a função de cada comando, não eram capazes de compreender o que se passava. Assim, o resultado era sempre inesperado, um elemento surpresa.

Percebe-se, a partir dos exemplos apresentados, que a utilização de modelos pode contribuir para a abertura de novos possíveis, à medida que o estabelecimento de sucessões analógicas caracteriza um primeiro estágio na abertura de possibilidades (PIAGET, 1985). Porém, não é suficiente, pois essa primeira condição de possibilidade por analogia não permite novas generalizações (aplicação do modelo em outras situações), pois se baseiam apenas na percepção do sujeito sobre um dado fenômeno, não transferível para um nível superior de abstração. Para que esses possíveis passem do nível da percepção para o nível da abstração, o sujeito deverá explorar esses modelos a partir de hipóteses, pois, ao formular uma questão, o sujeito torna-se permeável à necessidade de solução. Foi assim que o sistema de transmissão por polias e elásticos pôde ser utilizado noutra situação pelos sujeitos, assim como o sistema LED, pois tais sistemas adquiriram uma função a partir de um problema que se apresentava. Da mesma forma, no Capítulo 6, foi apresentado um caso de uso de modelo

bem sucedido (Figura 48), e que isso se deveu ao fato de os sujeitos estarem perseguindo um objetivo e operando transformações sobre o modelo.

O que é preciso para que o sujeito se aproprie de novos modelos e seja capaz de produzir construções criativas?

O que garante esse processo de apropriação dos modelos são as abstrações reflexionantes, bem como os processos gerais de adaptação nos diferentes níveis, como as deduções e as inferências, pois proporcionam ao sujeito ultrapassar o nível da simples analogia (co-possíveis). Com o suporte dessas condutas cognitivas os modelos analógicos deixam de funcionar como rotinas em blocos, não componíveis e adaptáveis a outras situações. Para tanto, é fundamental que os modelos possam ser explorados pelo sujeito, a fim de que possam servir para abrir novas possibilidades e favorecer os processos criativos.

Assim, o uso de modelos tem mais chances de ser bem sucedido se provocar a reflexionamento e reflexão, integrando-se aos sistemas de significação do sujeito. Além disso, a indiferenciação inicial em relação aos modelos poderá ser superada se os reflexionamentos gerarem formulação de hipóteses – coordenações inferenciais – pelo sujeito.

Porém, como se pode observar nos projetos desenvolvidos, as condutas regulatórias dos sujeitos eram orientadas tanto em relação aos observáveis dos objetos quanto em relação ao próprio significado que o sujeito dava para suas ações. Um *bug* poderia ser derivado, por exemplo, de problemas mecânicos, mas também na estrutura dos programas que controlavam os protótipos. Esse tipo de regulação nos dois sentidos foi bastante observado nos modelos de veículos (carro, guindastes, etc.) que utilizavam dois motores, cada um controlando o movimento de uma das rodas do protótipo. Era comum o carro ser programado com a intenção de virar para um lado e acabar indo para o outro em função de problemas no algoritmo e não no protótipo construído. No caso de uso de modelos de manuais, onde os erros estão todos compensados, esse tipo de regulação acaba não acontecendo, pois as regulações quase sempre se deram em relação aos objetos (problemas de encaixe de estruturas, por exemplo).

Assim, um modelo eficiente no que se refere à possibilidade de construções criativas, seria um modelo apresentado na sua forma incompleta ou parcial, pois a constatação de um *bug* exige que os erros sejam compensados, provocando o reflexionamento e a conseqüente transformação das ações e de seus significados.

Se, por um lado, a criatividade, na sua dimensão mais objetiva, está relacionada com a produção da inovação, e, por outro, está o fato de a aprendizagem depender de modelos e

estruturas de pensamento prévios para dar conta da novidade, como se opera no sujeito essa transformação?

Ao longo deste estudo, foi possível observar como as transformações de controle servem de evidência para as construções criativas. Sendo assim, do ponto de vista psicológico, a passagem dos níveis “A” ao “C” podem ser caracterizadas como processo criativo, pois, para efetuar essa passagem (p.ex. da indiferenciação às transformações de controle) o sujeito reorganiza suas estruturas (reequilibração) num nível superior do pensamento (majorante), possibilitando pensar algo que, antes dessa reorganização, era impossível para o sujeito. Dessa forma, com base na Epistemologia Genética, o processo criativo se revela nas transformações do próprio pensamento, na abertura de novos possíveis, novas condições para o sujeito operar no campo das ações, mentais e objetivas. Essas evidências corroboram o que Piaget (1985; p. 135-136) escreve:

[...] através de que mecanismos as reequilibrações cognitivas conduzem simultaneamente e necessariamente a compensações e a produções de novidades? [...] é explicando o mecanismo das reequilibrações por um dinamismo interno, específico do possível, de modo que cada novo possível constitui ao mesmo tempo uma construção e uma abertura, pelo fato de engendrar simultaneamente uma novidade positiva e uma nova lacuna a preencher, portanto uma limitação perturbadora a compensar. [...] uma acomodação, tendo sido obtida em um dado contexto, pode produzir uma transferência de procedimento a uma situação análoga. [...] mas a dinâmica do possível é mais complexa [...] todas as atividades e experiências anteriores do sujeito levam à formação, não somente de novos possíveis imediatamente atualizáveis, mas daquilo que poderia se chamar um ‘campo virtual de possibilidades’ [...] um ‘campo’ mais ou menos organizado, como quadro que orienta o sujeito para as formas de certos procedimentos conhecidos por outra via [...] É assim, num sentido mais amplo, que cada possível acarreta o duplo resultado de conduzir uma nova atualização e de abrir novas lacunas a preencher, numa continuação indefinida desse mesmo processo de reequilibração.

Sendo assim, é possível afirmar que as construções dos sujeitos nos seus projetos foram criativas no sentido psicológico, pois exigiram que os sujeitos transpusessem suas condutas a níveis superiores de pensamento, superando as impossibilidades e enriquecendo seus sistemas de significação.

8.2. Para uma robótica educacional construtivista

Considerando que tanto para o construtivismo quanto para o construcionismo se parte da premissa de que o desenvolvimento cognitivo se dá na ação do sujeito, para que a Robótica Educacional possa ser considerada construtivista esta premissa precisa ser pressuposta em todas as etapas do desenvolvimento dos projetos, desde o design, passando pela construção e programação, até a depuração de protótipos.

Como garantir que os projetos de robótica educacional possam estar a serviço da promoção da criatividade e da descoberta?

Não é suficiente a apresentação de problemas contextualizados aos conteúdos estabelecidos pelo currículo formal. Deve ser dada extrema importância à proposição de questões por parte dos sujeitos envolvidos já na etapa de criação ou design dos modelos que servirão de metáforas acerca do mundo, seja este natural, social ou industrial-tecnológico. O levantamento de questões permite ao sujeito orientar suas ações com um elevado grau de significação com os problemas que surgem ao longo da modelagem, e isto é pré-requisito para que o mesmo possa enriquecer seus esquemas de significação com novos esquemas de representação lógico-matemáticos, lingüísticos e estéticos, elementos essenciais da aprendizagem.

Os erros, as discrepâncias e os *bugs* são elementos reveladores das transformações dessas representações que o sujeito apresenta em relação ao objeto/problema a ser aprendido e, na maioria das vezes, tais erros já estão compensados nos projetos a partir de modelos prontos. Neste sentido, o design é fundamental a se considerar numa proposta construtivista/construcionista, pois incorpora as representações dos possíveis, mesmo que não compensados, e os erros passam a integrar o processo de aprendizagem, essencial para o desenvolvimento da criatividade e da autonomia para além do âmbito específico dos projetos de robótica.

Uma proposta exclusivamente construtivista, que centralizasse suas atividades no design e a sua aplicação em larga escala seria o ideal, mas talvez envolvesse a captação de recursos para aquisição de materiais de robótica que geralmente não estão disponíveis às escolas. Foi por esse motivo que Papert (no guia “LEGO TC logo – Teacher’s Guide”, de 1989) já propunha as seguintes alternativas de aplicação:

- Uso de modelos de construção “passo a passo” e discussão;
- Uso de modelos de construção “passo a passo” e intercalando com o design de projetos pessoais/grupais;
- O design de projetos pessoais/grupais.

A primeira alternativa encontraria as restrições já apresentadas anteriormente, em função de que numa montagem “passo a passo” os erros já estão compensados pelo autor do modelo, além de ativar mais processos perceptivos e reflexões e inferências. Porém, esses modelos servem bem ao propósito de iniciação aos esquemas elementares de construção e programação de robôs – a aprendizagem de como funciona, por exemplo, um microcontrolador. A segunda serviria melhor aos propósitos de favorecer as abstrações de

nível superior, pois incorpora elementos do design e poderia proporcionar uma discussão mais rica entre os participantes, além de um enriquecimento mais efetivo de suas formas de representar o mundo através de metáforas próprias, com maior possibilidade de o suporte tecnológico servir para outras situações (generalizações). A última alternativa, apesar de ideal, requer um tempo de elaboração e uma quantidade de materiais que, em larga escala (como uma escola inteira, por exemplo), requereria planejamento e investimento intenso e contínuo.

De qualquer forma, diante de um quadro educacional que se baseia na repetição de modelos e de conceitos pré-estabelecidos, os projetos de RE construtivista aparecem com alternativa viável para proporcionar novo movimento no processo de ensino-aprendizagem. Para o caso de projetos em RE, fornece subsídios teóricos que justificam a implantação de tais projetos, já que as atividades de design, implementação e programação, além de subsidiar inovações curriculares que incorporam novos recursos tecnológicos, possibilitam aos sujeitos exercer a criatividade e a invenção.

A robótica educacional construtivista, portanto, pode constituir-se numa clara e eficiente aplicação para inovação nas práticas pedagógicas na escola. Ela pode proporcionar melhoria da qualidade da educação à medida que agrega práticas que resgatam a invenção e a descoberta como necessárias à aprendizagem e a criatividade. Possibilita, além disso, que professores e estudantes se engajem em projetos de pesquisas que resgatem a dimensão do “fazer” em relação à construção do saber, bem como da atividade técnica enquanto condição de materialização das produções criativas.

9. REFERÊNCIAS

- ACKERMANN, E. 'Constructin Knowledge And Transforming the World', A learning zone of one's own: Sharing representations and flow in collaborative learning environments, IOS Press, Amsterdam, Berlin, Oxford, Tokyo, Washington, DC, pp. 15-37, 2004. Disponível em: http://learning.media.mit.edu/publications/Constructing_Knowledge_Ackermann2004.pdf >. Acessado em: 13/10/2007.
- _____, Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's the difference? [An extended version of this paper appears in French in] Constructivisms: Usages et Perspectives en Education (Volume 1 et 2.) Geneva: SRED/Cahier 8. pp. 85-94, 2001. Disponível em http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget%20_%20Papert.pdf>. Acesso em 13 nov. 2006
- BATTRO, A. M. Dicionário terminológico de Jean Piaget. São Paulo: Pioneira, 1978.
- BATTRO & DENHAM. Hacia una inteligencia digital. Buenos Aires: Academia Nacional de Educación, 2007. Disponível em: <http://www.byd.com.ar/InteligenciaDigital.pdf>>. Acessado em: 31/05/2008.
- BAUMGARTEN, M. (org.) A era do conhecimento: Matrix ou Agora? Porto Alegre/Brasília: Ed. Universidade/UFRGS/Ed. UnB, 2001
- BODEN, M. A. (org.) Dimensões da criatividade. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1999.
- BRINGUIER, J. C. Conversando com Jean Piaget. Rio de Janeiro: Difel, 1978.
- CAVALLO, D. et al. 'The City that We Want: Generative Themes, Constructionist Technologies and School/Social Change', International Workshop on Technology for Education in Developing Countries, Joensuu, Finland, August, 2004. Disponível em: <http://learning.media.mit.edu/publications/TEDC2004-cavallo.pdf> >. Acessado em: 13/10/2007.
- CAVALLO, D., 'Models of growth towards fundamental change in learning environments', BT Technology Journal, Vol. 22 No. 4, Kluwer, October, pp. 96-112, 2004. Disponível em: <http://www.media.mit.edu/publications/bttj/Paper11Pages96-112.pdf> >. Acessado em: 13/10/2007.
- COSTA, M. E. Com a palavra, Lucio Costa. Rio de Janeiro: Aeroplano, 2001.

- D'ABREU, J. Vilhete V. LEGO-Logo: explorando o conceito de design. In: VALENTE, J. Computadores e Conhecimento: repensando a educação. Campinas: UNICAMP/NIED, 1993.
- FAGUNDES, L. C. et al. Informática e o Processo de Aprendizagem. In: Psicologia: reflexão e crítica, vol. 5, no. 1, 1992. Porto Alegre: Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da UFRGS.
- FAGUNDES, L. C. Problemas de desenvolvimento cognitivo e a interação com a tecnologia. In OLIVEIRA, V. B. Informática em Psicopedagogia. São Paulo: Editora SENAC, 1999.
- FRANCISCO, D. J. Hibridizações no cotidiano escolar: escola e “novas” tecnologias da comunicação e informação. Porto Alegre: CPG em Educação/UFRGS, 1998. Dissertação de Mestrado.
- GIANNETTI, C. Estética digital – sintopia da Arte, a Ciência e a Tecnologia. Belo Horizonte: C/Arte, 2006.
- HANCOCK, C. Children's Understanding of Process in the Construction of Robot Behaviors. In: Varieties of Programming Experience. AERA 2001, Seattle. Disponível em <<http://ilk.media.mit.edu/papers/uproc/uproc.html>>. Acesso em 13 nov. 2006.
- INHELDER, B. et al. O desenrolar das descobertas da criança. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- KANT, I. Prolegômenos a toda a metafísica futura. Lisboa: Edições 70, 1982.
- LAVERY, D. Creative Work: On the Method of Howard Gruber. In: The Journal of Humanistic Psychology, vol. 33, no. 2, 1993. Disponível em: <<http://davidlavery.net/Gruber/pages/cwomhg.htm>>. Acessado em: 10/10/2008.
- LEMOS, A. L. M. Bodynet e netcyborgs: sociabilidade e novas tecnologias na cultura contemporânea.. In: Ione Bentz; Albino Rubim; José Milton Pinto. (Org.). Comunicação e Sociabilidade nas Culturas Contemporâneas. Petrópolis: Vozes, 1999, p. 9-26. Disponível em: <http://www.comunica.unisinos.br/tics/textos/1997/1997_al.pdf>. Acessado em: 31/05/2008.
- LÉVY, P. As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.
- LOPES, D. & FAGUNDES, L. O desenvolvimento de noções de mecânica por surdos num ambiente informatizado, In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Florianópolis: Anais SBC – UFSC – EDUGRAF, 1995.
- LOPES, D. Q. ; FAGUNDES, L. C. . As Construções Microgenéticas e o Design em Robótica Educacional. In: VIII Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação, 2006, Porto

- Alegre. Revista Novas Tecnologias na Educação. Porto Alegre : CINTED-UFRGS, 2006. v. 4.
- LOPES, FAGUNDES & BIAZUS. Robótica Educacional: técnica e criatividade no contexto do Projeto Um Computador por Aluno, In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Fortaleza: Anais do XIX SBIE/SBC, 2008.
- NASCIMENTO, Susana. Automatizações no inorgânico: aproximações ao estudo social de criaturas artificiais. *Análise Social*, Lisboa, 2006, no.181, p.1033-1056. Disponível em: <http://www.scielo.oces.mctes.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000325732006000400004&lng=es&nrm=iso>. Acessado em 31/06/2008.
- PAPERT, S. Logo, computadores e educação. São Paulo: Editora Brasiliense, 1985.
- _____ A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- PERRET-CLERMONT, A. Desenvolvimento da inteligência e interação social. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.
- PETRY, P. P. Processos cognitivos de professores num ambiente construtivista de robótica educacional. Porto Alegre: CPG Psicologia do Desenvolvimento/UFRGS, 1996. 145p. Dissertação de Mestrado.
- PIAGET, J. Psicologia e epistemologia (por uma teoria do conhecimento). Rio de Janeiro: Editora Forense Universitária LTDA, 2^a. ed., 1978.
- _____ O nascimento da inteligência na criança. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1987.
- _____ Pedagogia. Lisboa: Instituto Piaget, 1998.
- _____ Criatividade. (1981). In: VASCONCELLOS, M. S. (org.) Criatividade: Psicologia, Educação e Conhecimento do Novo. pp. 11-20. São Paulo: Editora Moderna, 2001.
- PIAGET, J. et al. O possível e o necessário: evolução dos possíveis na criança. Vol. 1. Porto Alegre: Artes Médicas, 1985.
- _____ Abstração reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.
- PIAGET, J. & INHELDER, B. Gênese das Estruturas Lógicas Elementares. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1971.
- RESNICK, M. Repensando o Aprendizado na Era Digital. Workshop: “Scratch e Cricket: Novos ambientes de aprendizagem e de criatividade”. Bradesco Instituto de Tecnologia – Campinas, fevereiro de 2006. Disponível em: <<http://llk.media.mit.edu/papers/rethinkport.doc>>. Acessado em: 17/10/2007.

- RESNICK, M., BERG, R. & EISENBERG, M. Beyond Black Boxes: Bringing Transparency and Aesthetics Back to Scientific Investigation. Cambridge: MIT Media Laboratory/Wellesley: Department of Physics - Wellesley College/Boulder: Department of Computer Science - University of Colorado, 2000. Disponível em: <<http://makingsens.stanford.edu/pubs/BeyondBlackBoxes.pdf>>. Acessado em: 15/10/2007.
- RESNICK, M., and OCKO, S. LEGO/Logo: Learning Through and About Design. Epistemology and Learning Group, MIT: Media Laboratory. Cambridge. MA. Disponível em <<http://llk.media.mit.edu/papers/ll.html>>. Acesso em: 13 nov. 2006.
- RESNICK, M., MARTIN, F., SARGENT, R., and SILVERMAN, B. Programmable Bricks: Toys to Think With. IBM Systems Journal, vol. 35, no. 3-4, pp. 443-452. Disponível em <<http://researchweb.watson.ibm.com/journal/sj/353/sectionc/martin.html>>. Acesso em 13 nov. 2006.
- SAADA-ROBERT, M. A construção microgenética de um esquema elementar, In: INHELDER, B. et al. O desenrolar das descobertas da criança. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- SAMPAIO, M. M. F. “Aceleração de estudos: uma intervenção pedagógica”. Em Aberto. Brasília: MEC/INEP. V. 17, n. 71, p. 57-73. jan./2000. Disponível em: <<http://emaberto.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/view/1075/977>>. Acessado em: 30/05/2008.
- SPINHO, R. P. e SOUSA, F. C. Criatividade e antecedentes ao consumo de drogas. Aná. Psicológica. [online]. jul. 2001, vol.19, no.3, p.389-398. Disponível em: <http://www.scielo.oces.mctes.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0870-82312001000300003&lng=pt&nrm=iso>. Acessado em: 10/03/2008.
- STERNBERG, R. J. & LUBART, T. I. The Concept of Creativity: Porspects and Paradigms. In: STERNBERG, R. J. (org.) Handbook of Creativity. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- TIBERGHIE, G. *et al.* Dicionário de ciências cognitivas. Lisboa: Edições 70, 2007.
- TMTh - Technology Museum Of Thessaloniki. Textos com informações sobre cientistas da Grécia antiga. Disponível em: <<http://www.tmth.edu.gr/en/aet.html>>. Acesso em: 30/05/2008.
- VALENTE, J. A. Por quê o uso do computador na educação? In: VALENTE, J. A. (org.) Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação. Campinas: NIED/UNICAMP, 1995. Disponível em <<http://www.nied.unicamp.br/publicacoes/separatas/Sep2.pdf>>. Acessado em: 10/01/2008.

ANEXOS

A – “Porta abre-fecha”

OFICINA DE ROBÓTICA EDUCACIONAL

PROJETO CASA:
“Porta abre-fecha”

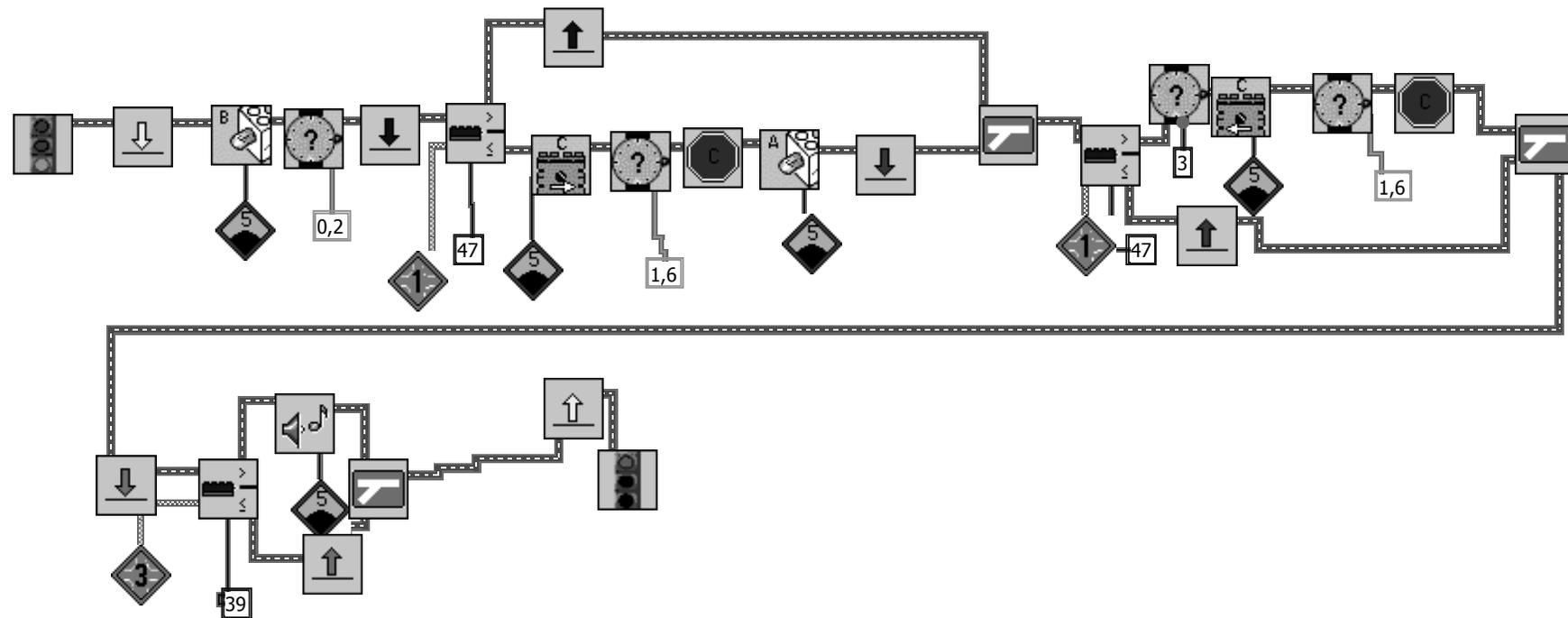
Duração:
Abr. a Mai./2004
5 semanas
15h

SUJEITOS:

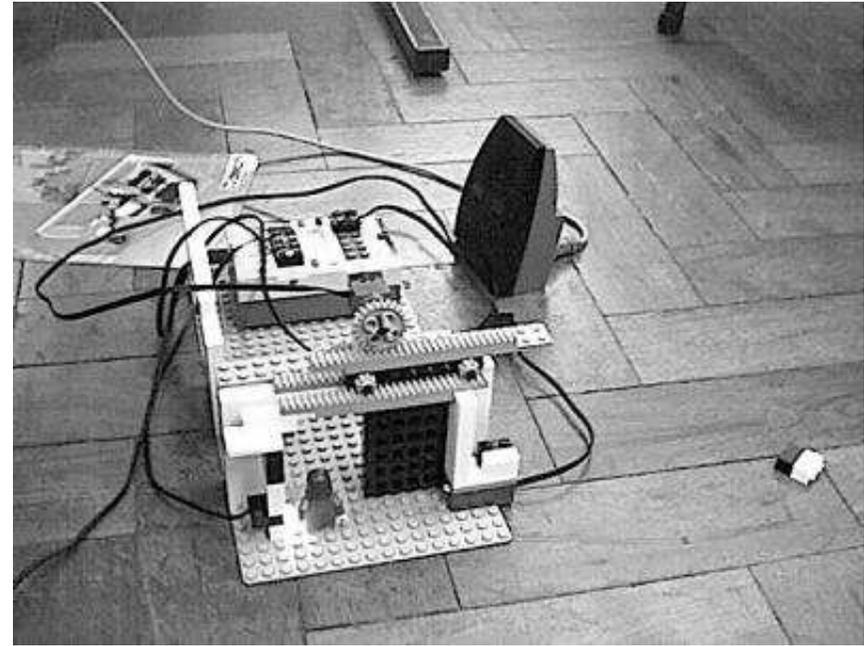
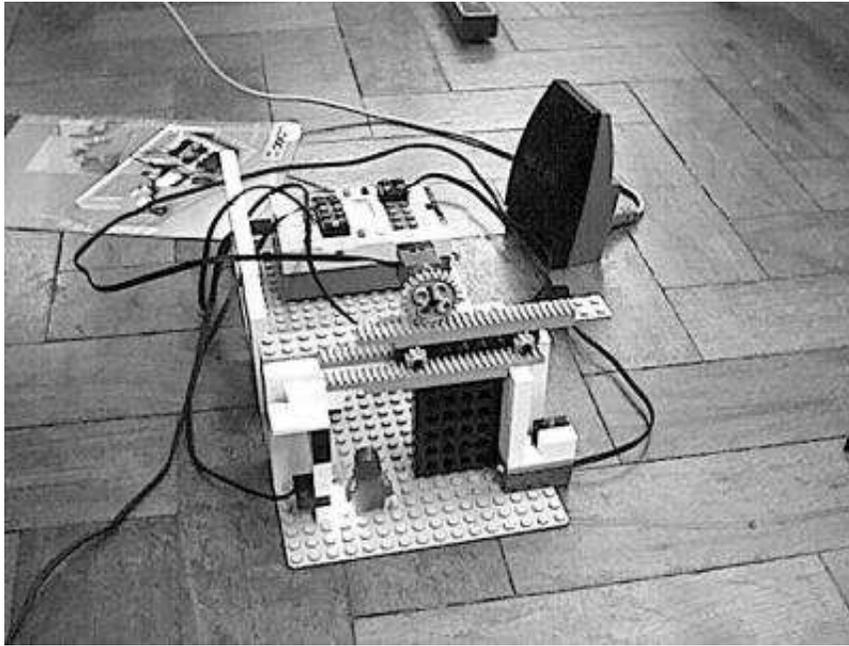
Alunos E.F.
6ª série

Idade:
12 anos

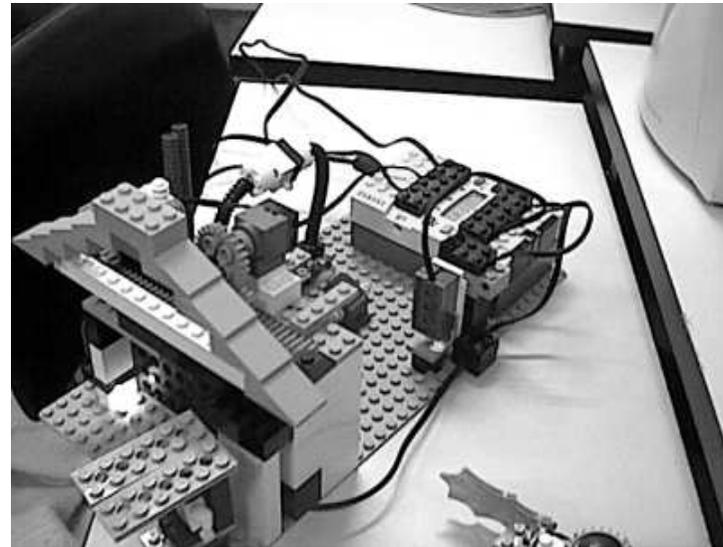
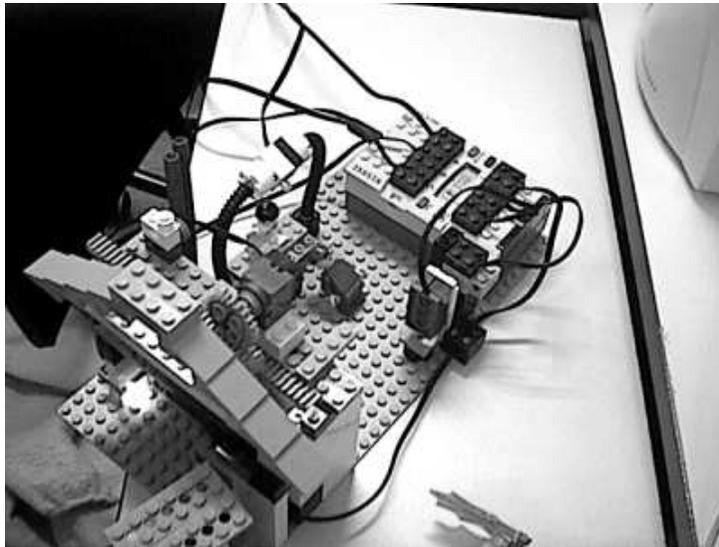
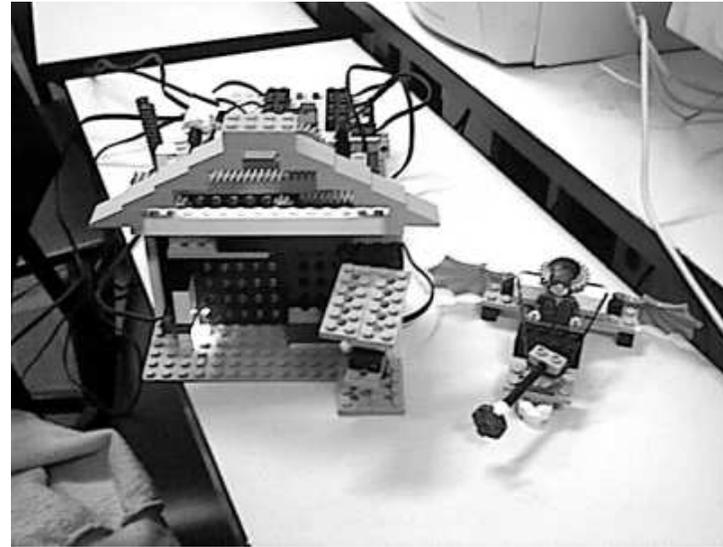
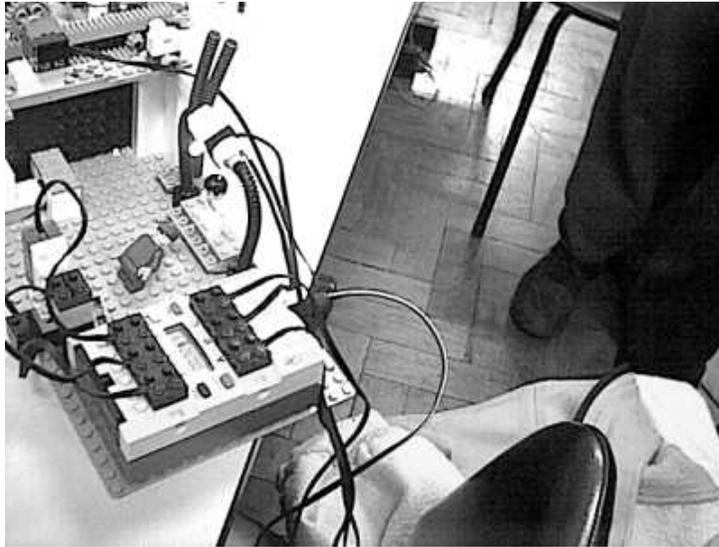
Programa "Porta Abre Fecha v1"



GRUPO A – Protótipo “Porta Abre Fecha v1”



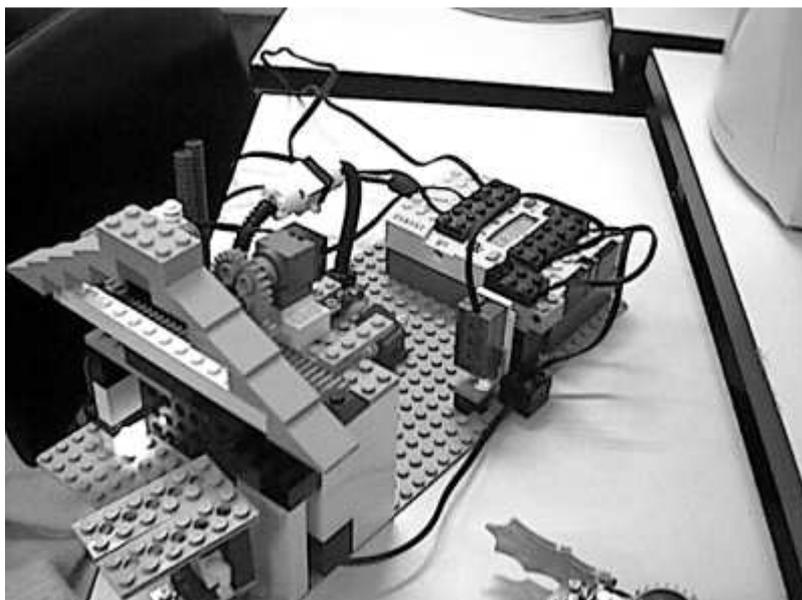
GRUPO A – Protótipo “Porta Abre Fecha v2”



Protótipo “Porta Abre Fecha v2”

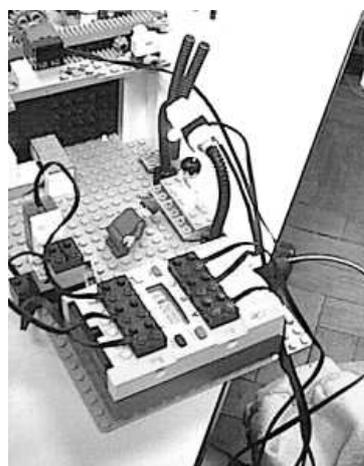
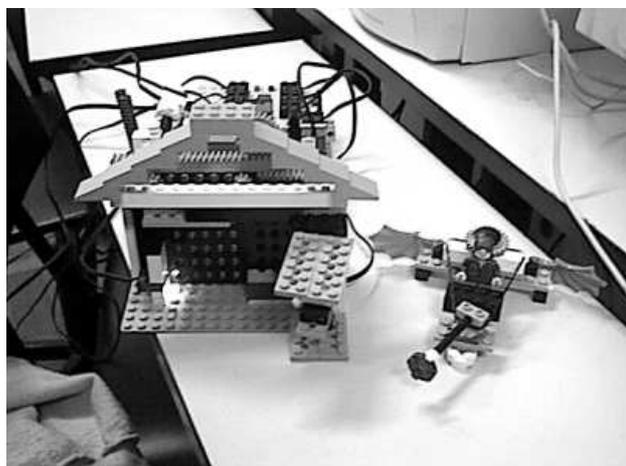
Relatório

No projeto da casa nós construímos uma porta que abre e fecha quando o sensor de luz é interrompido pela sombra. Quando o boneco chega na frente da luz, o sensor faz com que a porta abra. Essa porta é idêntica as portas eletrônicas, como as de shopping. Para abrir a porta ligamos um motor as igrenagens que ligamos ao sensor que fica na frente de uma lus, cuando a lus não chega ao sensor ele desliga e isso acontese cuando tem um boneco na frente. Para travar e destravar a porta colocamos um disco no sensor que fica dentro da casa, uma musica toca e a porta trava, se tirarmoso disco ela abre. Usamos o icone LOOP, que faz o programa nunca parar.



Após, construímos um protótipo que era igual ao antigo, mas a luz tinha um controle manual.

A seguir estão fotos da casa de outros ângulos, repare o carro futurístico (sua frente é movel e na sua traseira existe uma turbina).



B – “Projeto Cidade”

OFICINA DE ROBÓTICA EDUCACIONAL

PROJETO CIDADE:

SISTEMA DE TRANSPORTE
E
SISTEMA HIDRÁULICO-FLUVIAL

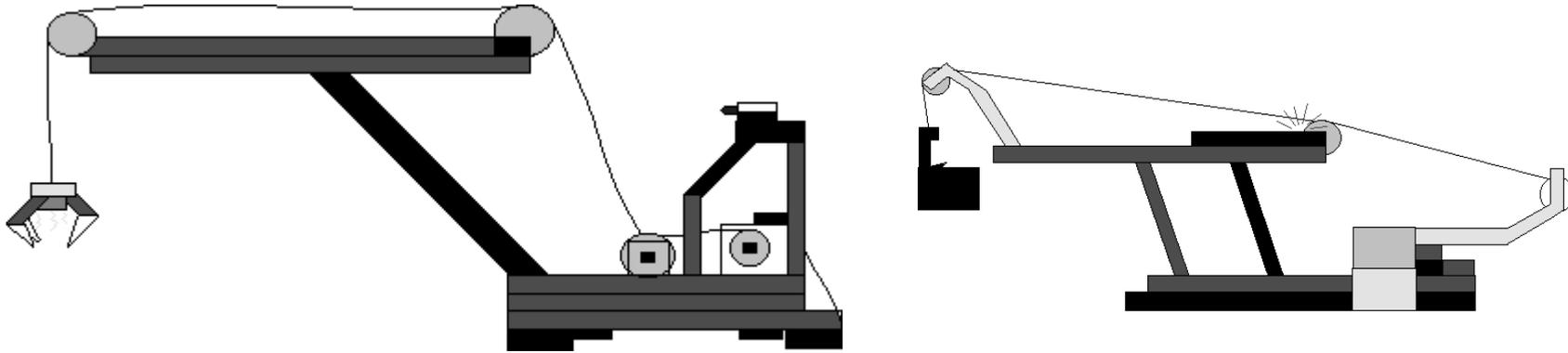
Duração:
Mai. a Jul./2003
12 semanas
36h

SUJEITOS:

Alunos E.F.
6ª série

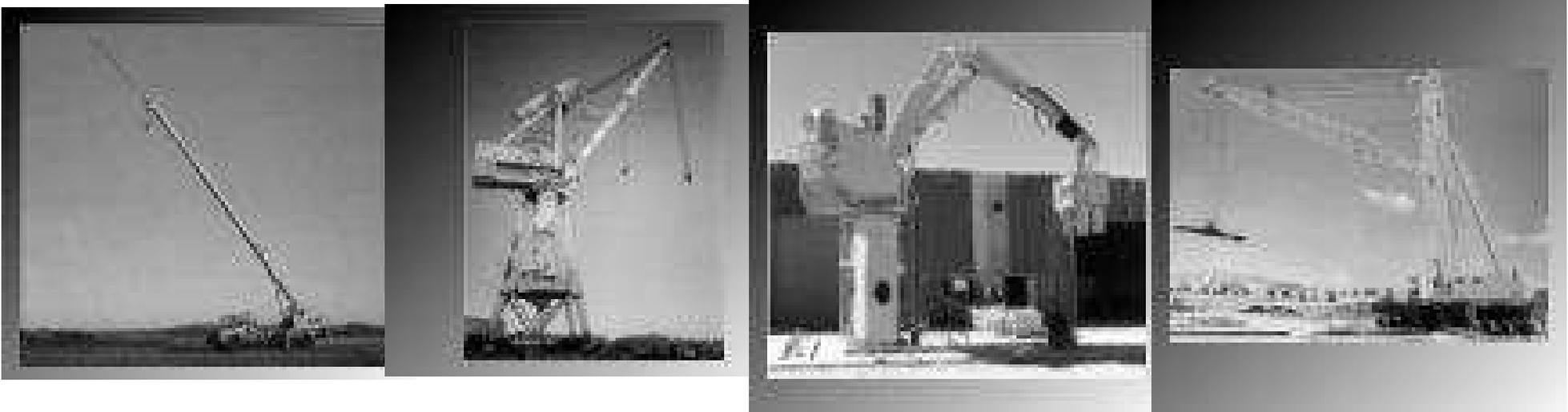
Idades:
12 anos

GRUPO A – Projeto Cidade “Guindaste”



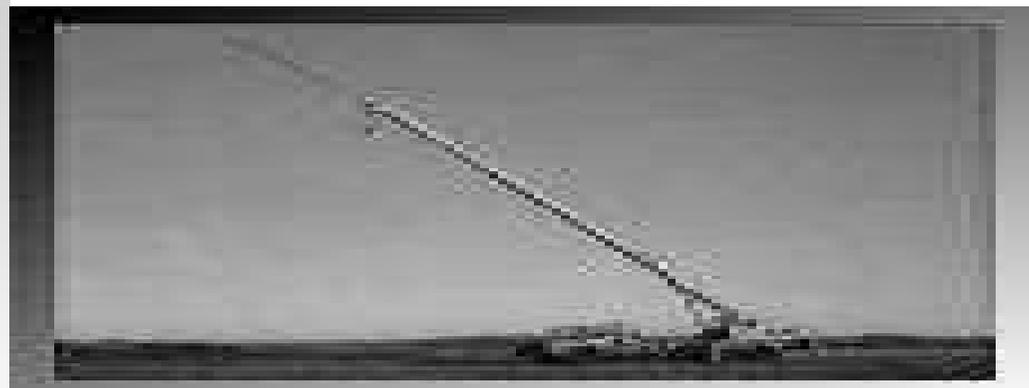
Guindaste

O nosso guindaste ira funcionar com um motor. O guindaste ficará parado mandando mensagens até que receba uma mensagem de volta. Quando ele receber uma mensagem de volta saberá que o teleférico esta chegando, quando o teleférico chegar a uma certa distância os dois projetos iram fazer suas funções. O guindaste vai esperar o teleférico chegar perto ele vai abaixar seu gancho e pegar a carga que o teleférico estava carregando.

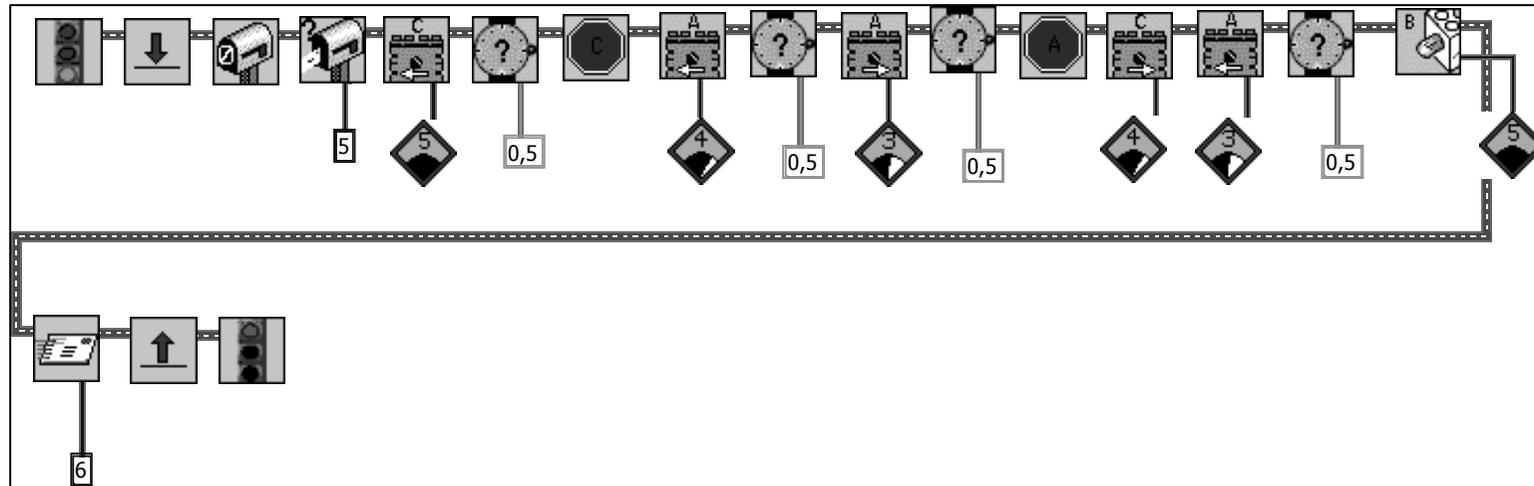


O nosso guindaste irá interagir com o projeto do teleférico.

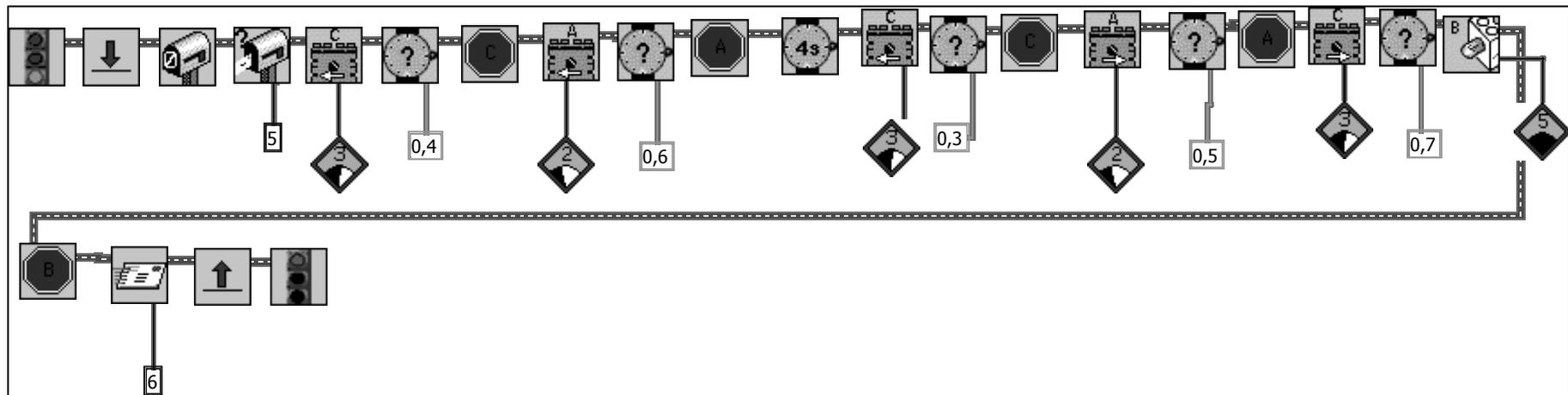
O guindaste ficará esperando o teleférico se aproximar. Ao receber uma mensagem que o teleférico está no lugar certo, o guindaste começará a mover sua base á uma certa distância e abaixar o gancho para coletar a carga que o teleférico estará carregando. Ao trazer a carga com segurança, ele ascenderá a lâmpada vermelha e se preparar para fazer tudo de novo.



GRUPO A- Projeto Cidade “Guindaste” – Programas

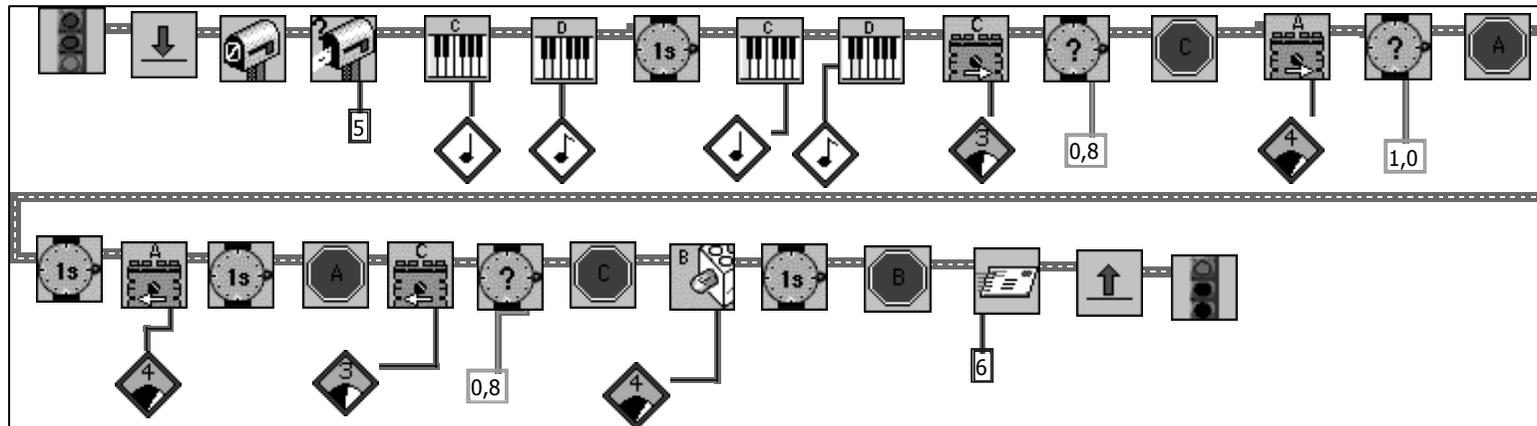


Versão 1

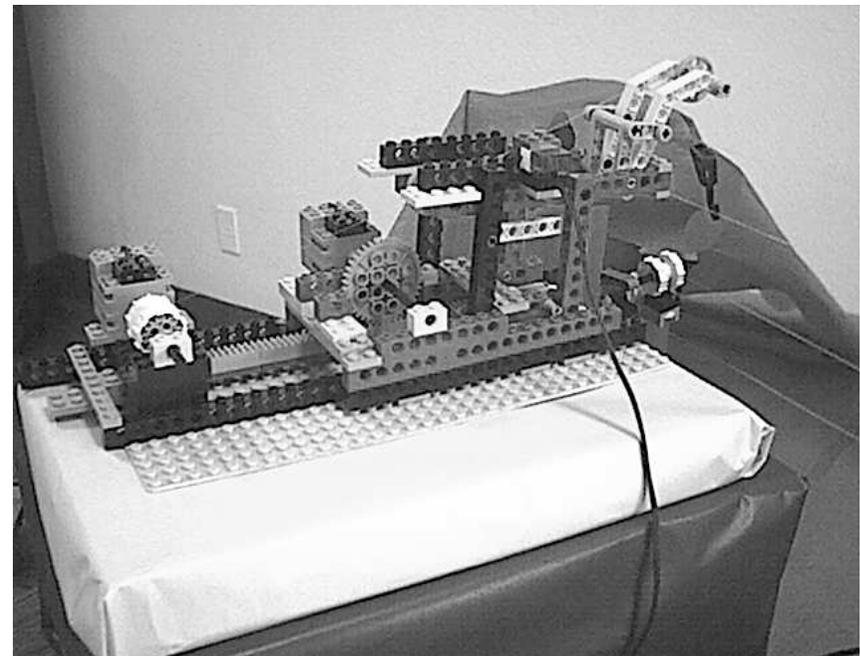
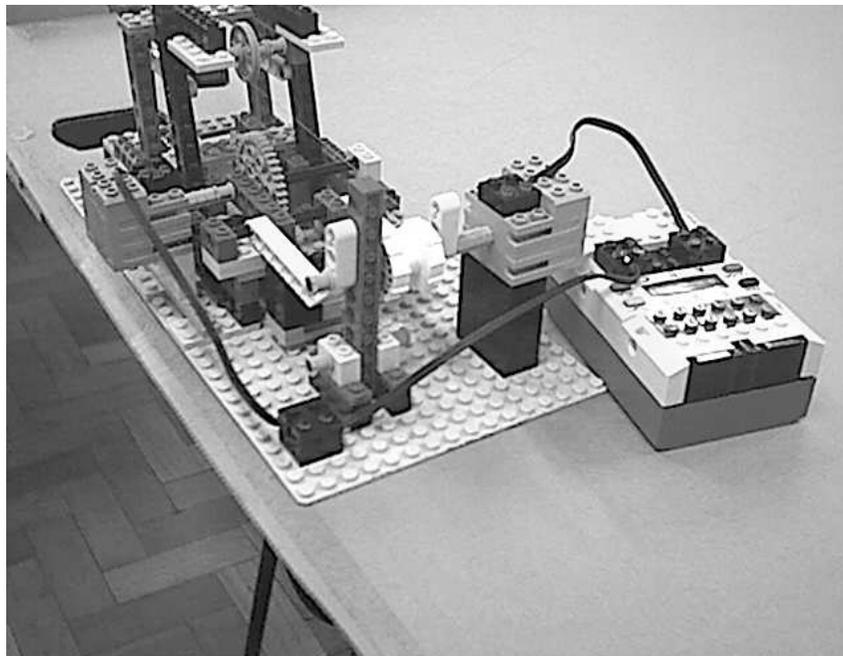


Versão 2

GRUPO A- Projeto Cidade “Guindaste” – Programas e protótipo



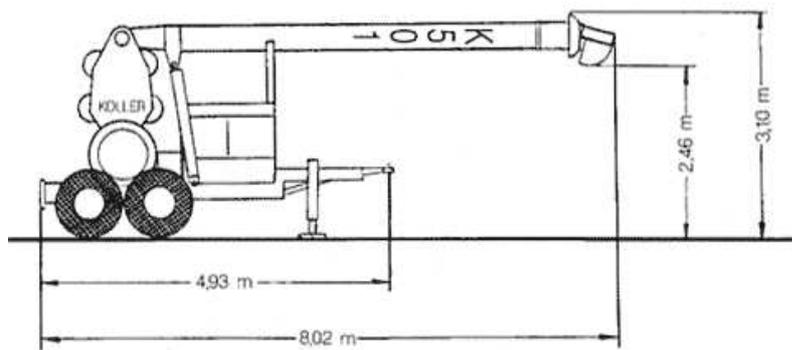
Versão 3



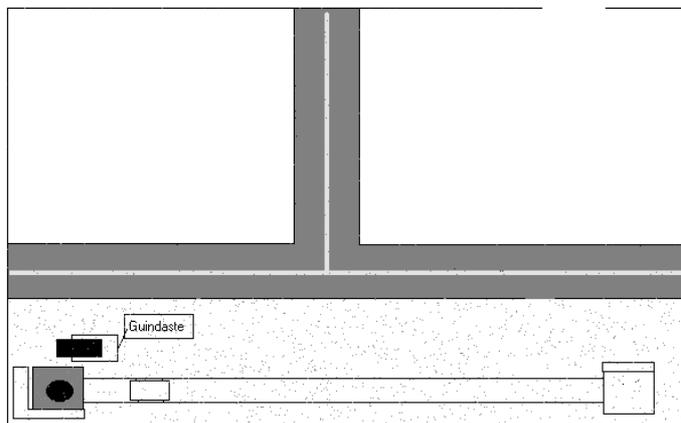
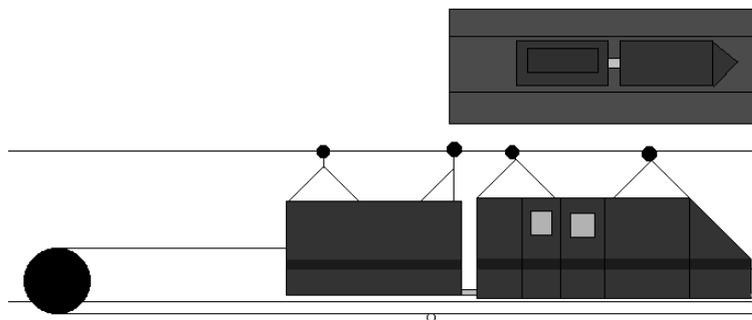
GRUPO D- Projeto Cidade “Teleférico”

Comunicação da RCX

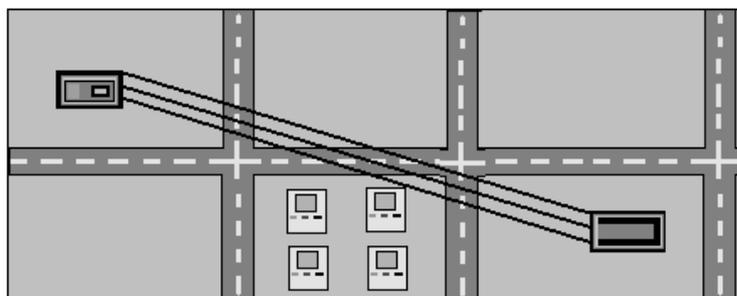
Nosso projeto agora é construir um teleférico que ao chegar a segunda estação, ele manda uma mensagem ao grupo A, que construirá um guindaste. O guindaste pegará a carga do teleférico.



GRUPO D – Projeto Cidade “Teleférico” – Desenhos Paint



L. 10/2010



GRUPO D – Projeto Cidade “Teleférico” – Relatório

*Teleférico***Introdução do trabalho**

Nessa aula de robótica, combinamos de fazer o projeto de uma cidade, totalmente automatizada.

O nosso grupo, vai fazer o teleférico, em que vai atravessar toda a cidade.

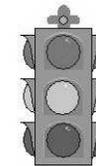
*O funcionamento do teleférico*

O teleférico funciona com o sensor I.V.(Infra vermelho). Com ele podemos realizar a comunicação entre duas RCX.

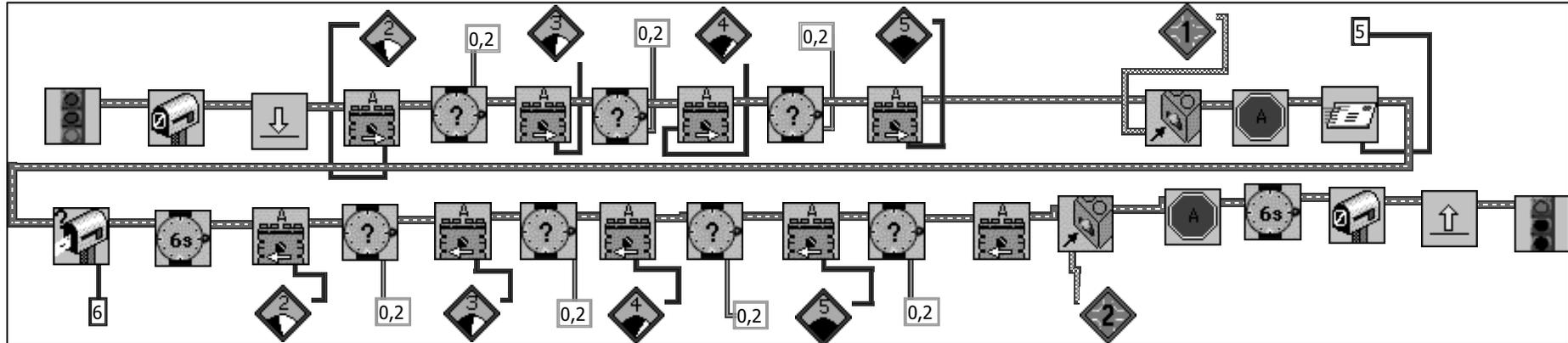
O teleférico, quando chega na segunda estação, ele envia uma mensagem para o grupo “A”. O guindaste pega a carga do teleférico e depois envia uma mensagem para o teleférico.

**Peças utilizadas pelo teleférico**

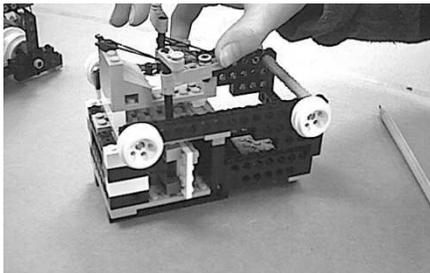
- 2 sensores de toque
- 1 motor de nove volts



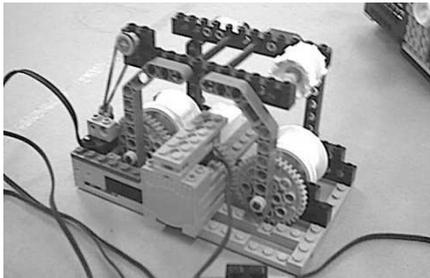
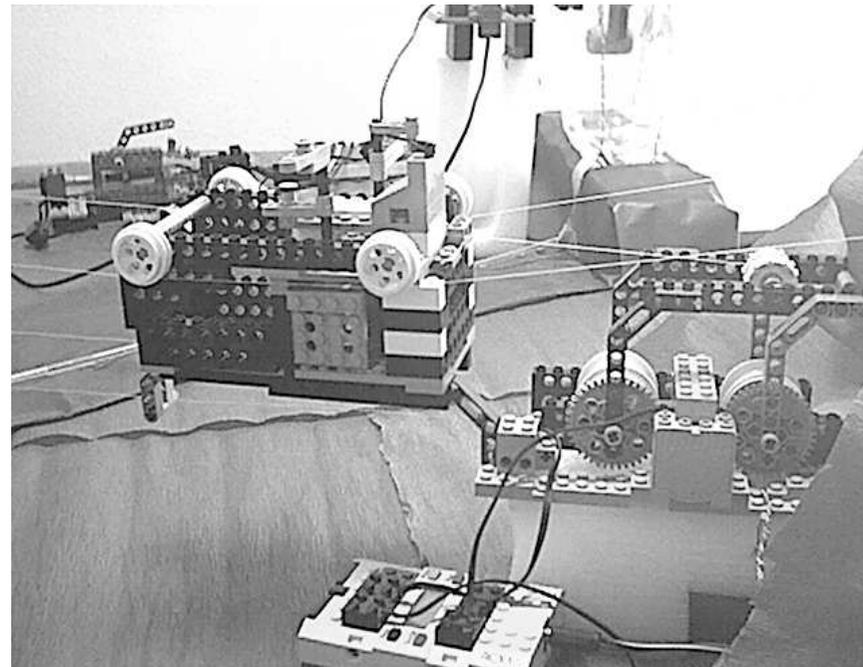
GRUPO D – Projeto Cidade “Teleférico” – Programa e protótipo



Versão 3



Vagão

Casa de
máquinas

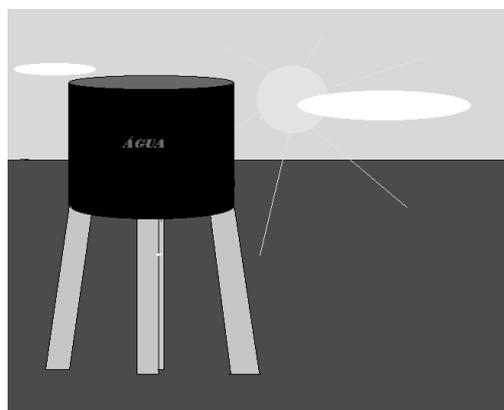
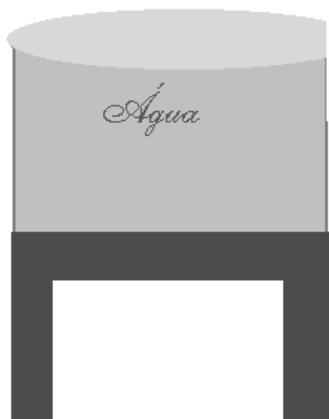
GRUPO B – Projeto Cidade “Caixa D’Água”

Caixa d'água

Nós pensamos em fazer uma caixa d'água para fornecer água para a cidade.

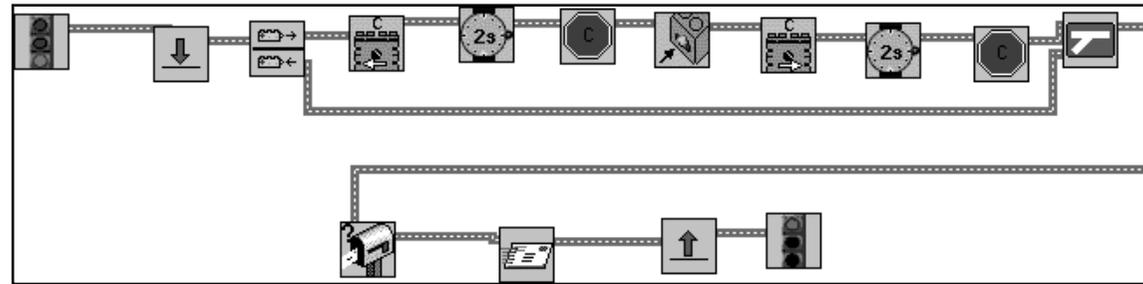
Quando terminar a água do lago (rio) o moinho (grupo C) avisa a caixa d'água fazendo com que ela abra o reservatório para a água continuar indo para o moinho (grupo C). Quando a caixa d'água ficar vazia ela faz com que o compressor (que está no lençol freático) mande água para a caixa d' água.



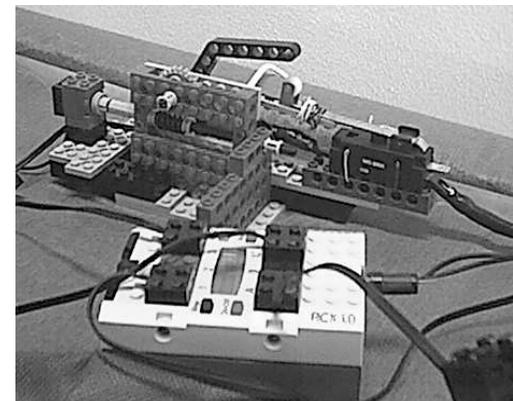
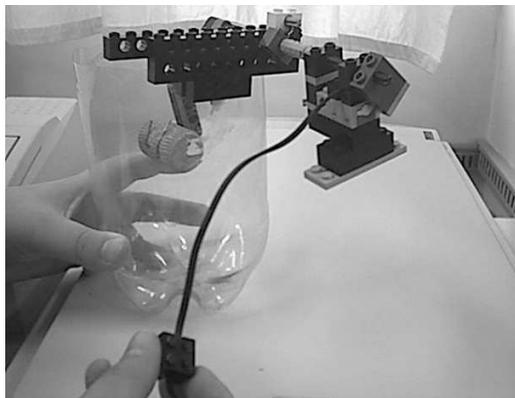
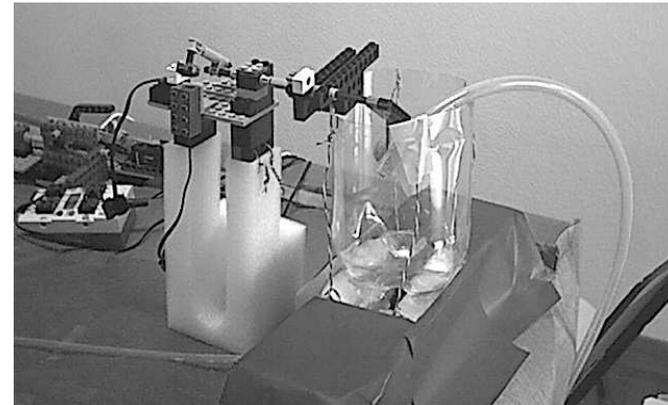
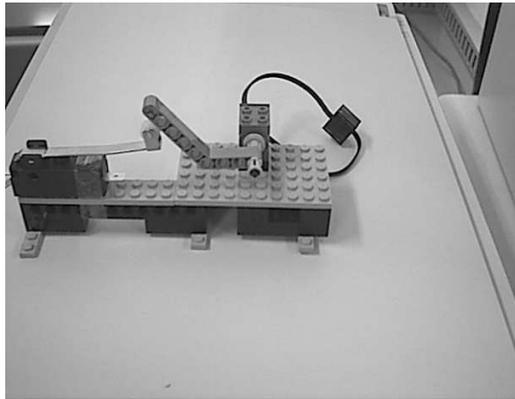


Desenhos realizados no Paint

GRUPO B – Projeto Cidade “Caixa d’água” – Programa e protótipo



Versão 1



Projeto Hidráulico

Caixa d’água
Grupo: B

Caixa d’água

- * O projeto se comunicará com o grupo C, moinho.
- * A caixa d’água funcionará com um sensor de toque.
- * Utilizaremos também um micro motor e uma rolha como bóia.
- * Utilizaremos um interruptor que servirá para ligar o compressor da água que fica no reservatório d’água que reabastece a caixa quando é necessário.

Como funciona a caixa d’água ?

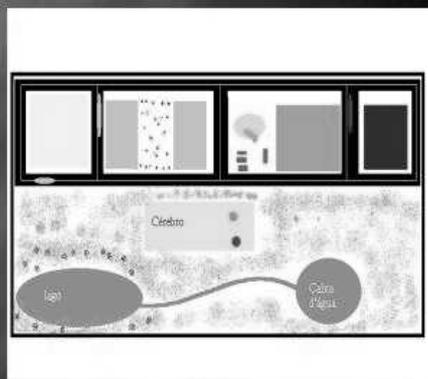
- * Quando a água chega a um nível elevado a ponto de transbordar a rolha sobe e o sensor é pressionado e o compressor para de enviar a água.
- * A caixa d’água serve para fornecer a água para a cidade.
- * Para ligar o interruptor criamos um mini robô que ligará e desligará o interruptor.

Usaremos na caixa d’água:

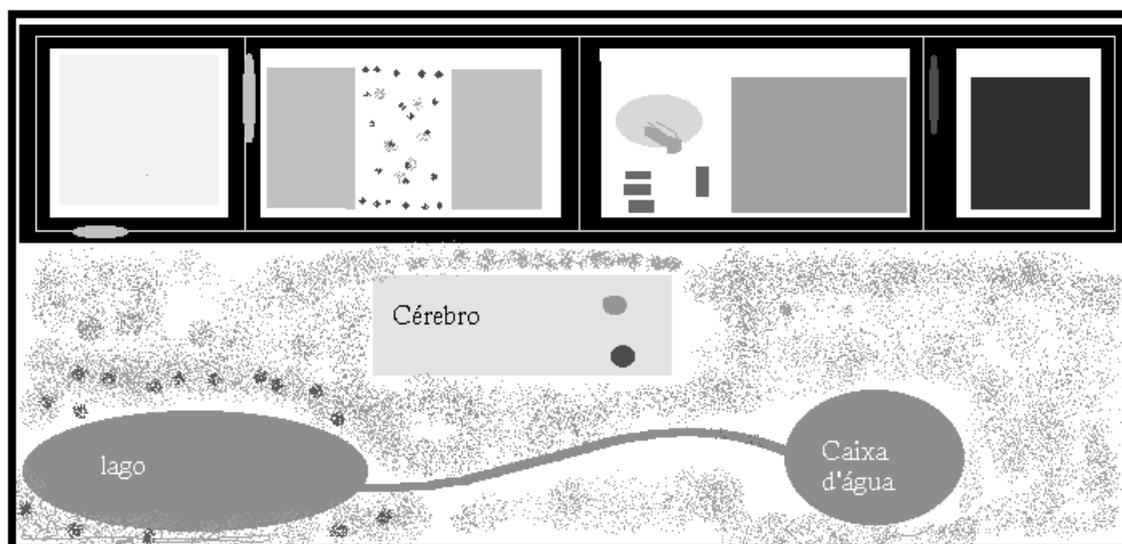
- * Um sensor de toque;
- * Um mini robô;
- * Um interruptor;
- * Um compressor;
- * Um reservatório;
- * Um micro motor;
- * Uma rolha;
- * Um cano que ligará a caixa no cano.

Visão aérea

- * Esta é a visão aérea da nossa parte na base.
- * Como vem a caixa d’água e ligada em um lago por um cano.
- * No nosso canto da base haverá ruas e prédios.



GRUPO B – Projeto Cidade “Caixa d’água” – Desenho Paint



GRUPO C – Projeto Cidade “Moinho”

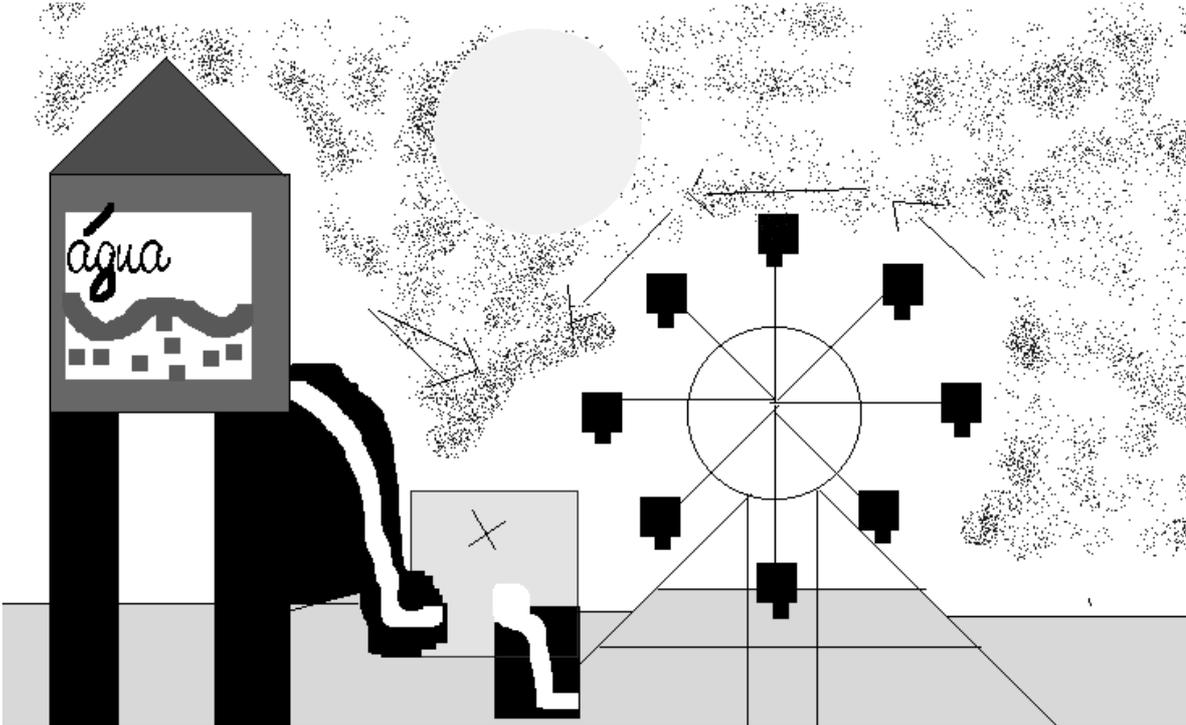
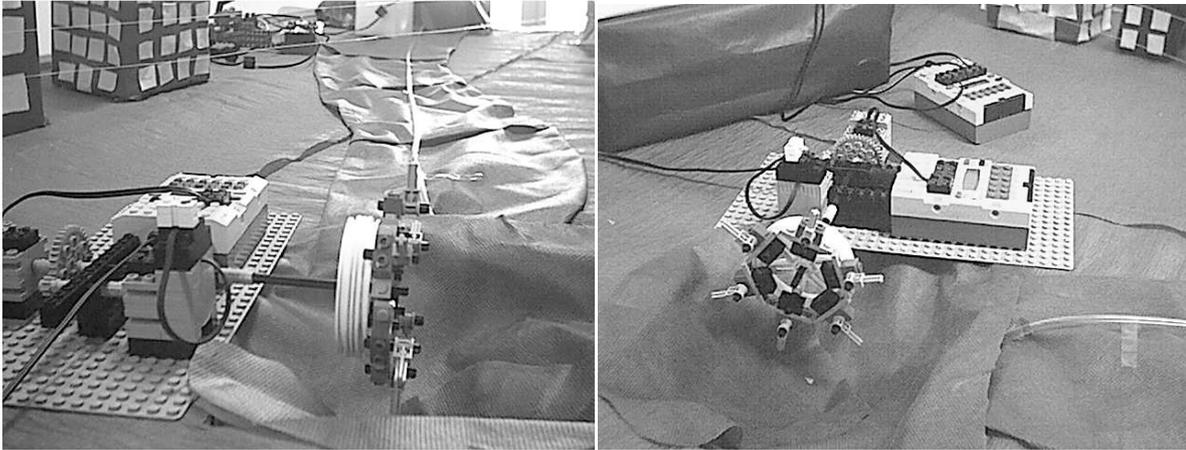
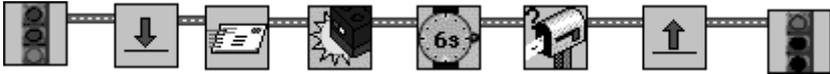
PROJETO SISTEMA HIDRAULICO FLUVIAL

O moinho controla o nível da água detectando quando a água está baixa, avisa o RCX que a água está baixa, o RCX avisa a caixa d'água para que o compressor comece a bombear água de volta para a caixa d'água, quando o moinho mandar uma mensagem é por que a caixa d'água parou de mandar água e ai ela (a caixa d'água) vai puxar a água de volta com ajuda do compressor de água...



O moinho d'água funciona como uma roda que conforme a força da água, sua força e velocidade aumentam. Este moinho em vez de receber água por baixo recebe por cima e com ajuda da roda é bombeada para o seu destino. Este sistema é muito usado nas fazendas, barragens, e em outros lugares...

GRUPO C – Projeto Cidade “Moinho” – Programa, protótipo e desenho



C – Projetos Diversos I

OFICINA DE ROBÓTICA EDUCACIONAL

PROJETOS DIVERSOS

Duração:
Mai. a Ago./2004
12 semanas
36h

SUJEITOS:

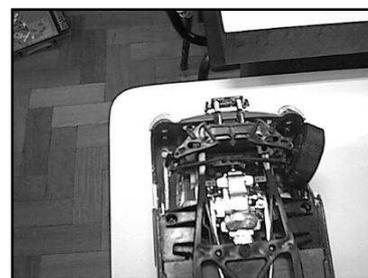
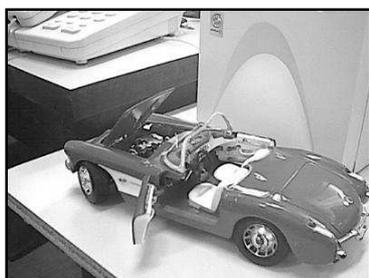
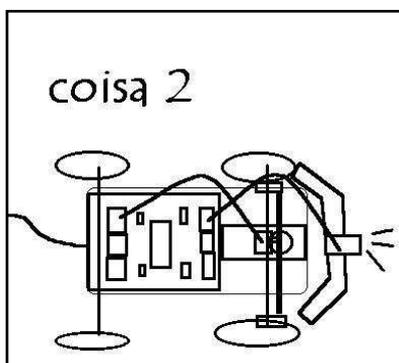
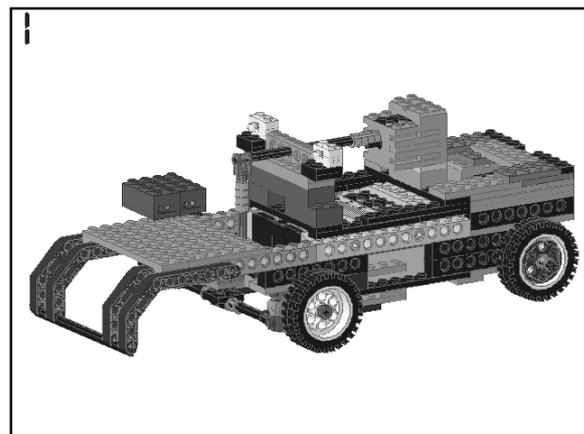
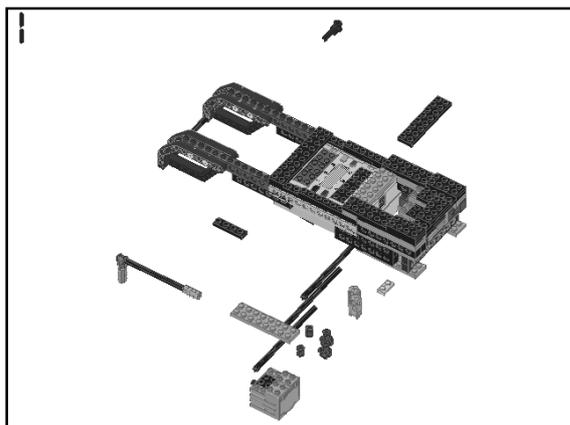
Alunos E.F.
5ª a 7ª série

Idades:
11 a 13 anos

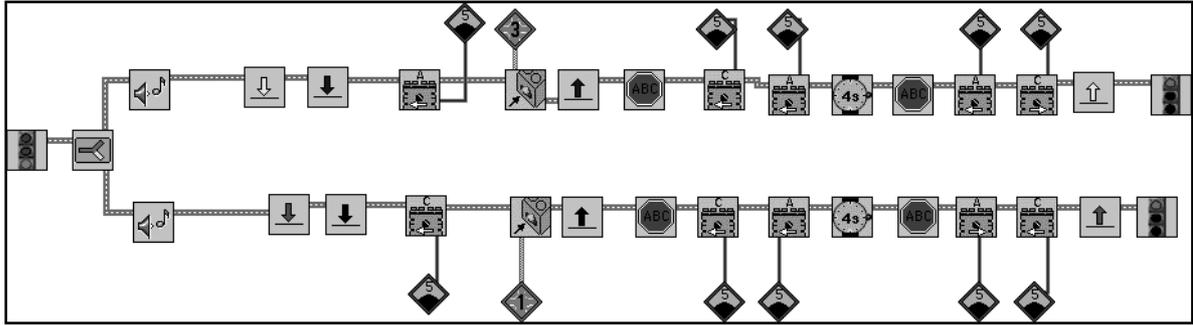
GRUPO A – “Coisa” – Pesquisa

Suj.: EMI 13 anos.

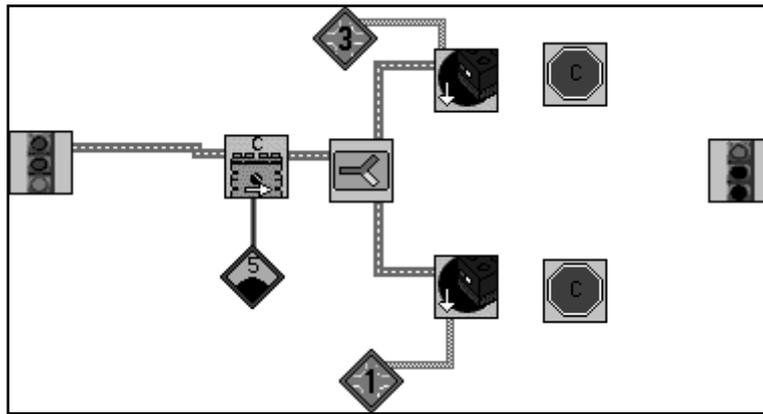
1) o prototipo irá ser um carro que desviará de obstaculos, usando um sensor de luz, um motor para girar as rodas, e outro para mover o ângulo das rodas dianteiras.

GRUPO A – “Coisa” – Cad Design (LDRAW e MLCad)

GRUPO A – “Coisa” – Programas

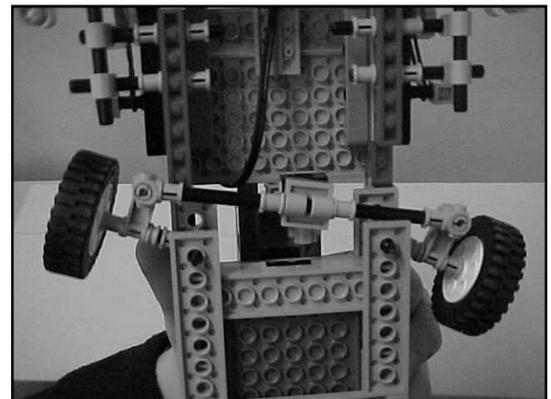
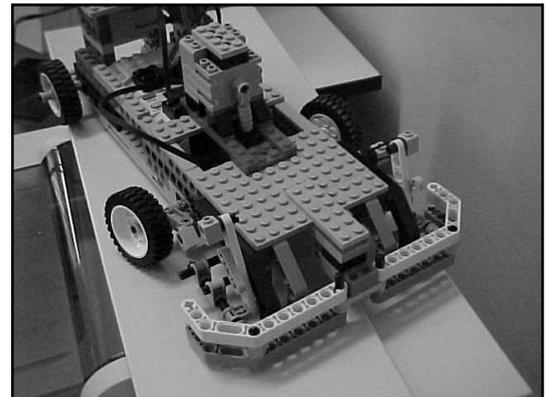
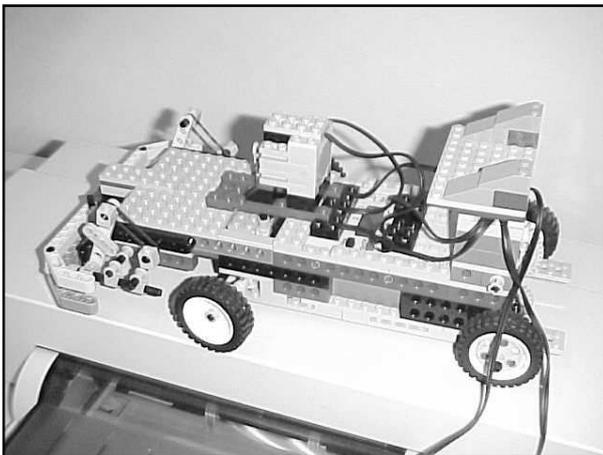


Versão 1



Versão 2 (incompleto)

GRUPO A – “Coisa” – Protótipo



GRUPO A – “Coisa” – Relatório (PPT)

O Planejamento

- Eu tomei inspiração em fracassos anteriores de outros grupos.
- No início do trimestre era completamente diferente, mas por causa de “erros de percurso” chegou no estado que está .

A Função

- Assim que terminei a fase de construção ele não tinha sentido, primeiro pensei em interagir com outro grupo, mas devido a diferença do nível de montagem dos protótipos, não pude. Então pensei em fazer com que ele andasse por um caminho determinado ou em zig-zag, mas por falta de paciência cancelei esta programação. Em seguida surgiu a idéia de fazer um controle remoto.

O Funcionamento

- Ele funciona com dois motores, e dois sensores de toque.
- Um motor faz o movimento frente/trás e outro esquerda/direita, os sensores fazem com que o Coisa ative o motor esquerda/direita.

O Desastre

- Estava tudo bem até o último dia de aula quando o Coisa caiu no chão e se “espatifou”, então eu e o professor o remontamos, mas (sempre tem um mas) não ficou a mesma coisa e agora está funcionando a mais ou menos 90% da sua capacidade.

● OBRIGADO A TODOS

GRUPO B – “CartFire”
Suj.: KIM (11 anos), FLA (11 anos), ERI (12 anos).

GRUPO B – “CartFire” – Exploração do modelo carro

RESPOSTAS DA FICHA DE INTRODUÇÃO À ROBÓTICA (LEGO-DACTA™) DO MANUAL DE ATIVIDADES – MODELO “Carro” (ver Anexo ?)

1- NÓS PENSAMOS QUE O CARRO ERA RAPIDO MAS ELE É BEM LENTO.

2-AGENTE FAZ O CARRO ANDAR APERTANDO NO BOTÃO RUN.

2 2a- Liga o RCX.

3 2a- Nós achamos que o botão Prgm é o botão que muda o programa.

4 2a-O botão Run faz o motor mover ou ascender a luz.

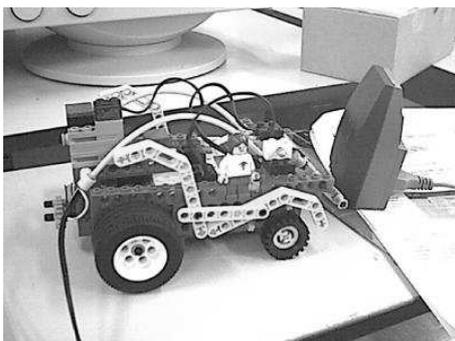
o motor roda em sentido horário.

5 2a-O motor gira no sentido anti horário.

6 2a- O motor gira no sentido anti horário.

O programa 1 faz o motor girar no sentido anti horário e faz a luz ascender.

Nós aprendemos que se agente girar um dos lados do fio conectado ao motor 180 graus ele faz o motor girar no sentido anti horário.



3- NÓS VIMOS A LUZ ASCENDER NO CARRO.

6 3a - Ascende a luz.

7 3a- Quando agente pressionar o botão amarelo no sensor de toque o carro fica parado.

8 3a- O carro começa a andar.

9 3a- O carro anda para frente.

Nós aprendemos que ligando o fio do carro e o da lâmpada na porta A eles irão desligar ao mesmo tempo.

6a - Vai aparecer no computador quanto por cento transferido para o RCX.

5 7a- O carro anda por 4 segundos.

6 7a-Sim o motor continua girando.

8 7a- Agente entrou no Robolab e mexemos no tempo.

Agente aprendeu que dá para selecionar o tempo que o carro vai andar

6 8a- O carro vai andar.

7 8a- Agente vai no robolab e muda a direção que o carro vai andar.

8 8a- Agente vai no robolab e muda o tempo que o carro vai andar.

Agente aprendeu que dá para mudar as programações.

FICHA LETRA B

Agente aprendeu : botando na velocidade certa e no tempo certo,ele também parava.

2B

2- Agente entra no robolab e vai no pilot 3.

Agente aprendeu a fazer algumas coisas no pilot 3.

3B

4-SIM.

5-SIM.

6-SIM

8-

1-agente sabe pelo step.

2-agente sabe também pelo semafaro.

agente apaga o passo 2 clicando na seta vermelha á direita.

4B

4

PASSO 1- primeiro o carro anda para frente, depois ele para, e por ultimo ele ativa o sensor de toque.

PASSO 2- primeiro o carro anda para tras,depois ele para,ascende a luz e por ultimo ativa o sensor de toque.

PASSO 3-primeiro o carro anda para frente,depois ele para.

PASSO 4-primeiro ele anda para tras depois ele para ,depois liga a luz depois ele ativa o sensor de toque.

5-SIM

7-SIM

a gente aprendeu a mudar os passos.

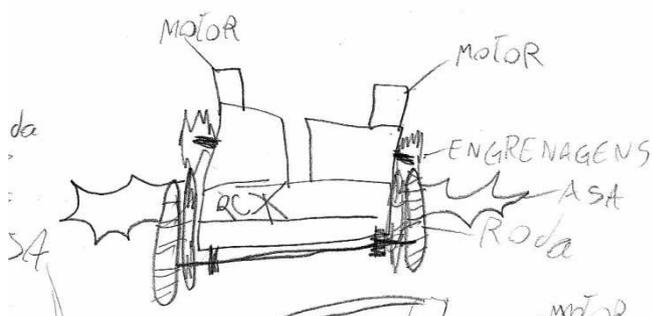
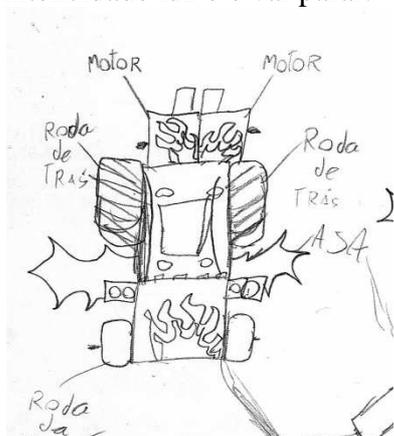
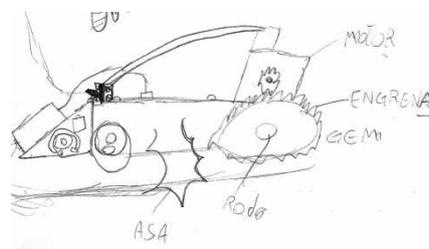
GRUPO B - "CartFire" - Projeto

CART

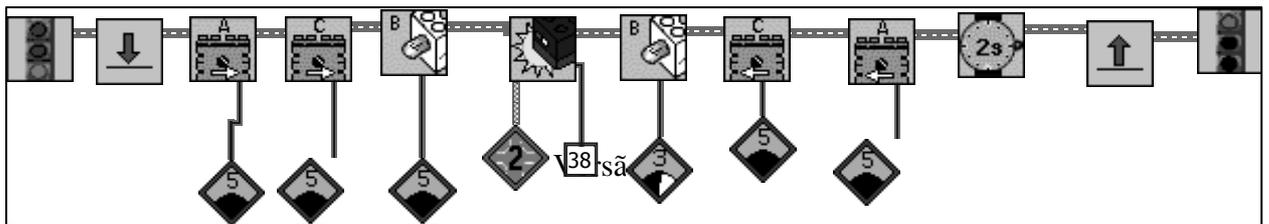
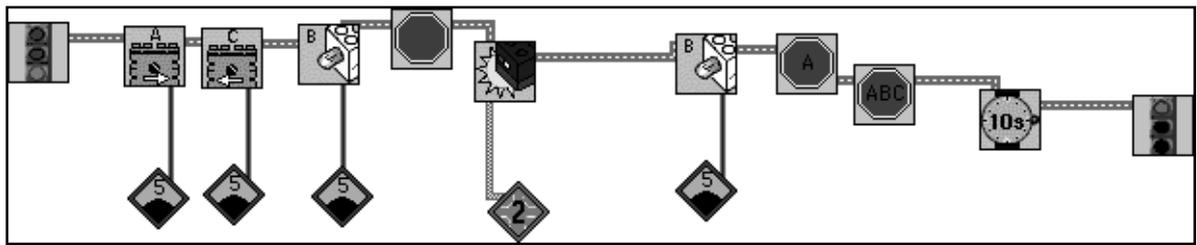
Vamos botar dois motores, duas lampadas, um sensor de luz, quatro engrenagens e um RCX.

O que ele vai fazer:

ele vai andar, acender a luz,e tambem vai ter um sensor de luz que quando diminuir a intencidade luz ele vai parar.

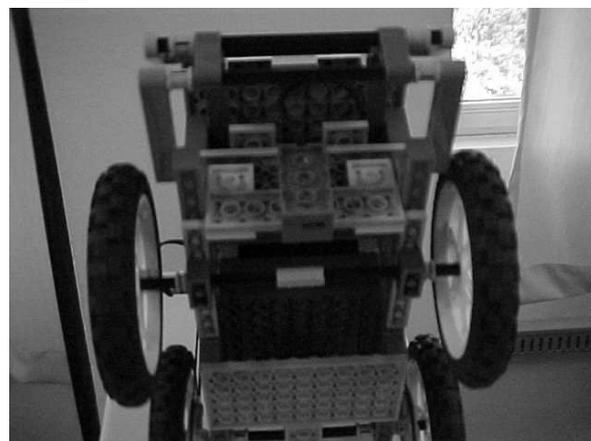
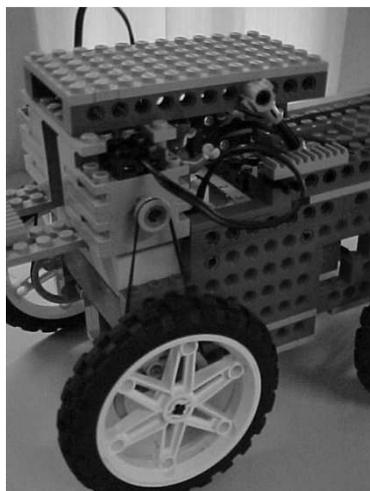
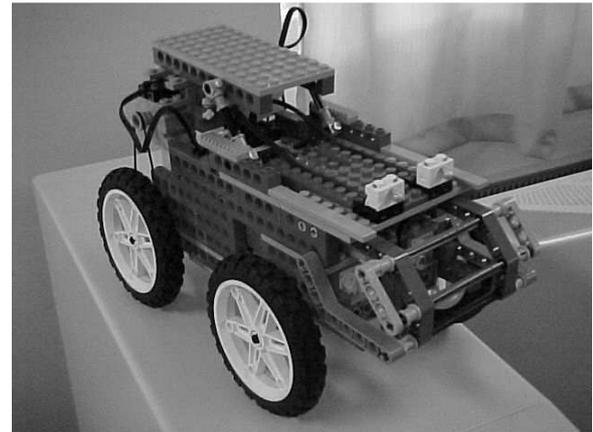
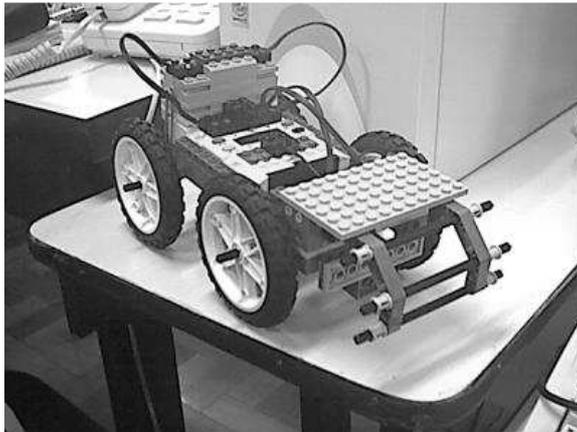


GRUPO B – “CartFire” – Programas



Versão 2

GRUPO B – “CartFire” – Protótipo



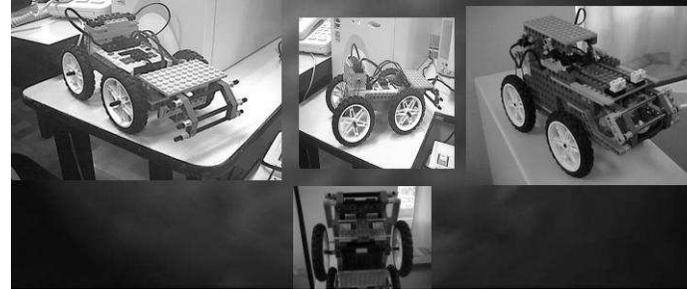
GRUPO B – “CartFire” – Relatório (PPT)

SUMÁRIO

- Como ele foi construído
- Como funciona
- Programação

COMO FOI CONSTRUÍDO

- Ele foi construído com lego: eixos, pegas com furinhos, rodas e borraxinhas.



COMO FUNCIONA

- O nosso carro anda para frente e para trás, a caçamba abre e fecha, ele tem um teto conversível.
- Para andar ele usa dois motores, um RCX que transmite energia pelo fio, um sensor de luz que faz o carro ir para trás e duas lâmpadas.

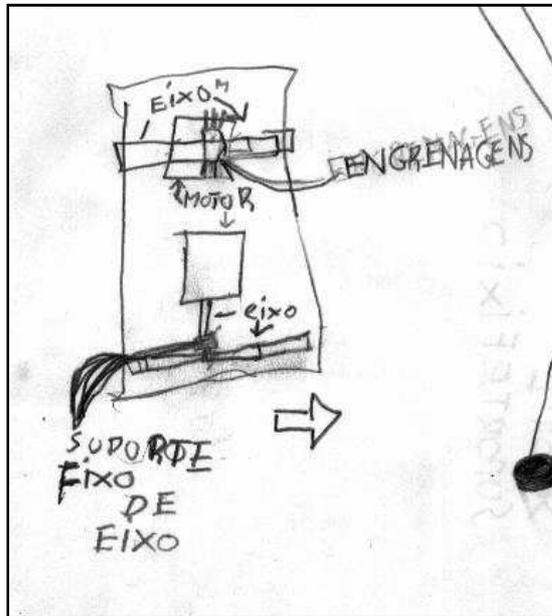
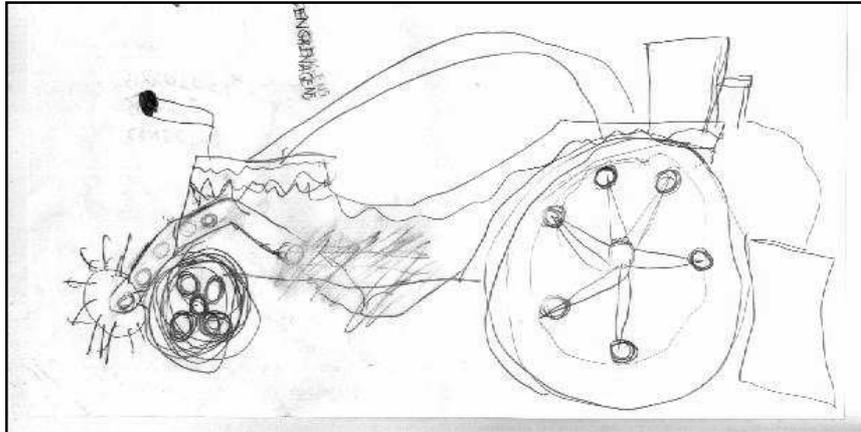
PROGRAMAÇÃO

- Nós programamos o carro para andar para frente, usando tudo na potência 5 e com o sensor de luz programado para dar ré quando ver 38 de quantidade de luz daí tudo muda para a potência 3.

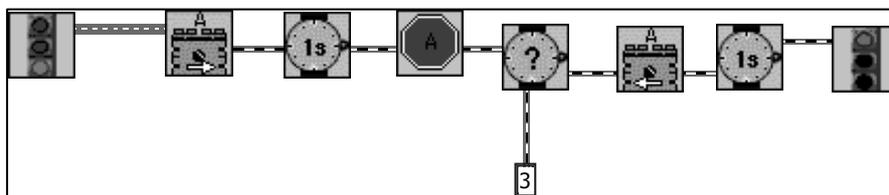


GRUPO C – “O Carro do Futuro”
 Suj.: FEL (11 anos), BRU (11 anos).

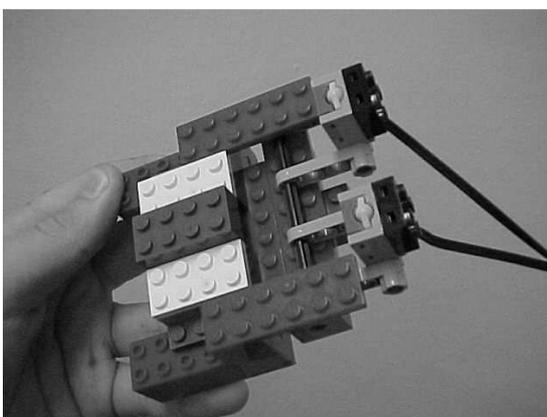
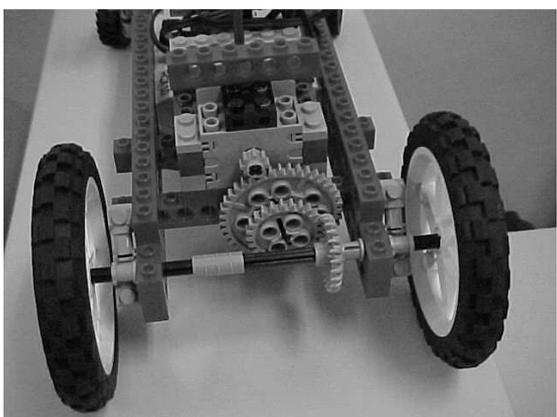
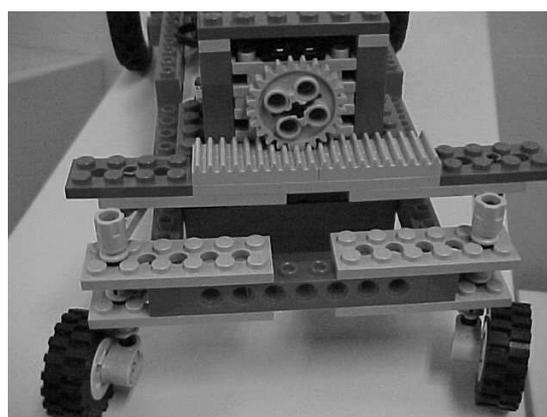
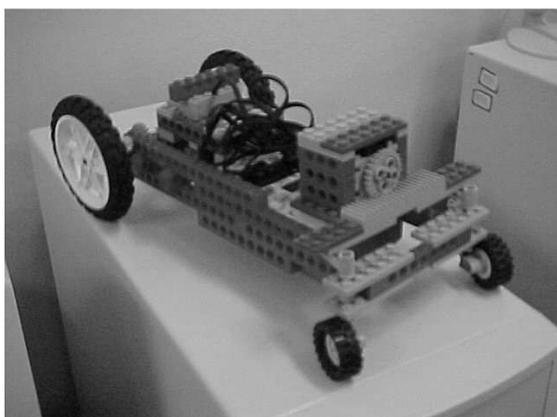
GRUPO C – “CartFire” – Desenhos



GRUPO C – “O Carro do Futuro” - Programa



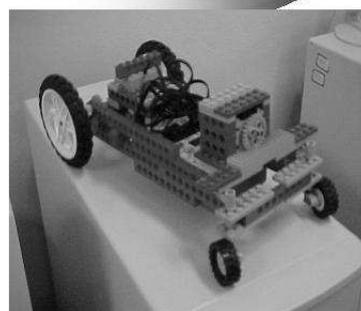
GRUPO C – “O Carro do Futuro” – Protótipo



GRUPO C – “O Carro do Futuro” – Relatório

O carro do futuro

- O nosso carro é um carro comum com tração traseira e com direcionamento nas rodas da frente, mas o direcionamento é diferente dos carros de hoje em dia.



GRUPO D – “The Best” – carro-inseto
 Suj.: HEN (13 anos), MIG (12 anos), JOA (12 anos).

GRUPO D – “The Best” – carro-inseto – Exploração do modelo inseto

RESPOSTAS DA FICHA DE INTRODUÇÃO À ROBÓTICA (LEGO-DACTA™) DO MANUAL DE ATIVIDADES – MODELO “Inseto” (ver Anexo ?)

Apareceu um boneco e alguns número

3.Eu acho que significa programar

4.O motor ligou

5.Ele gira para o outro lado

6.A maquina não funciona

7.temos 5 programas o 1 serve , para podermos gravar os comandos que fazemos no robolab.

8.eu aprendi que mudando a posição do fio no motor 180 ele gira de um lado ou de outro , todo o cérebro do robo esta no RCX.

3a.somente um motor gira

7 nada

8 nada

9 nada,mas soltando a luz acende

10 esta gravado no PAINT

11Aprendi que podemos botar, por exemplo o motor e a lampada junto que eles irão funcionar.

7a

5 ele começa a funcionar

6 mude o fio de lado

8 Nós fomos ao ROBOLAB e mudamos a ceta do motor para o outro lado e mudamos o relógio para 10 segundos.

aprendi a programar o inseto, no ROBOLAB, e a montar o RCX

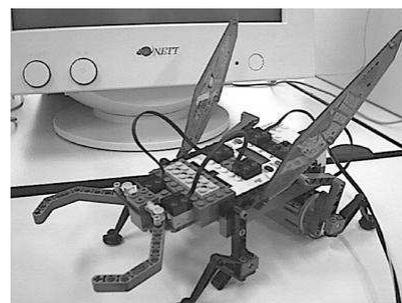
8A

6 Ele começa a andar.

7

1b

c Porque ele fica girando.



nós aprendemos alguns programas como A.GUB MOOZ que faz o robo andar 2 segundos para traz.

2b

1Eu entrei no inventar 4 e modifiquei os motores para ir para frente por 4 segundos e fiz que o motor voltasse por 4 segundos.

Eu aprendi a modificar o inseto usando o inventar 4.

3b

1pelas setas ao lado.

2os semáforos.

3apertando na seta menos (-)

Nós aprendemos a mexer um pouco mais nas lampadas.

5B

1Fazer o inseto andar em circulo.

2Ir ao ROBO LAB e mecher em cada motor.

5sim

6Que ele girou bem certinho.

7Nenhuma.

8Nada.

7b

1

2Por um transferidor que é ligado a parte de tras do CPU.

3Por numeros que aparece em baixo do motor.

4Na tecla mais que apareca no canto da tela.

4Na tecla menos que aparece no canto da tela.

5Em um carro , para estacionarmos qundo bate o sensor o alarme liga

5.Em um elevador se a pessoa passar ela encosta no sensor e a porta não fecha .

5.Em uma porta automatica se não tivesse um sensor ela fecharia na cara da pessoa.

6Porta automatica e um elevador.

7velocidade, as rodas e as patas.

No dia 26/04/2004 nos aprendemos como fazer uma montagem de um inseto robótico e o que cada peça é responsave.

no dia 28/04/2004 nós aprendemos como progamaro nosso inseto robótico,usando o programa do ROBOLAB

no computador.transmitindo os comandos do inseto pelo RCX , tudo via infra-vermelho.

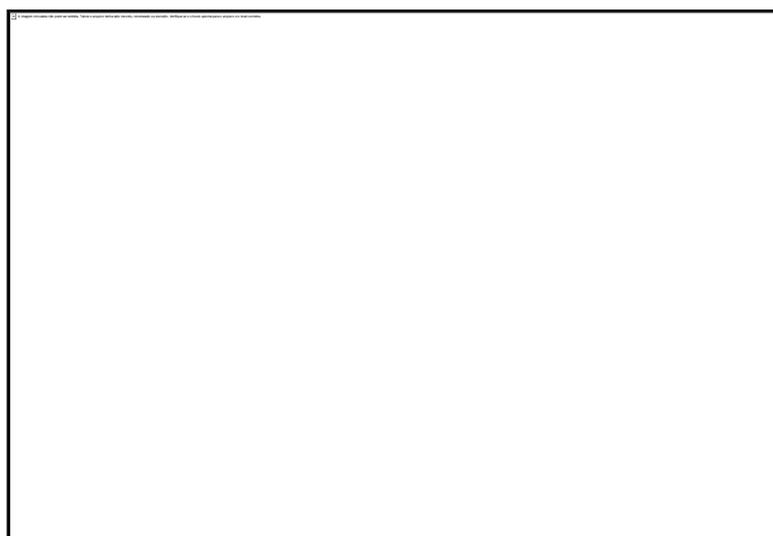
No dia 03/05/2004 aprendemos o espírito esportivo de quando nós participaremos para um campeonato e principalmente como fazer um bom relatório(como este)

GRUPO D – “The Best” – carro-inseto – Projeto

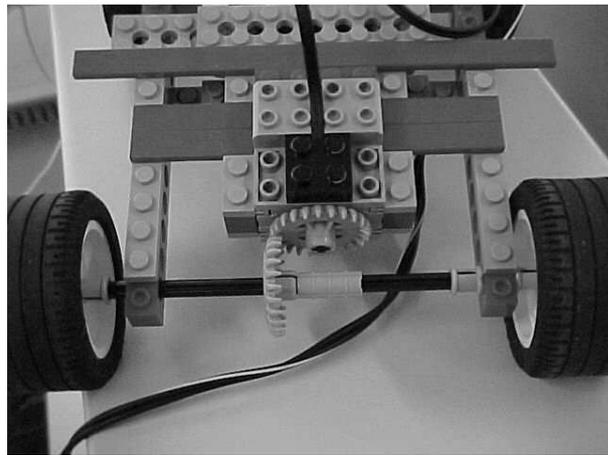
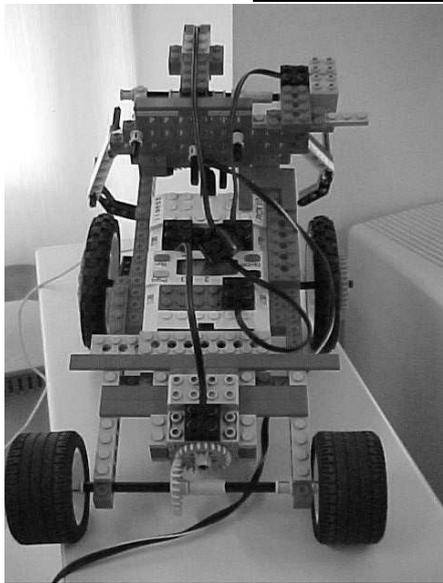
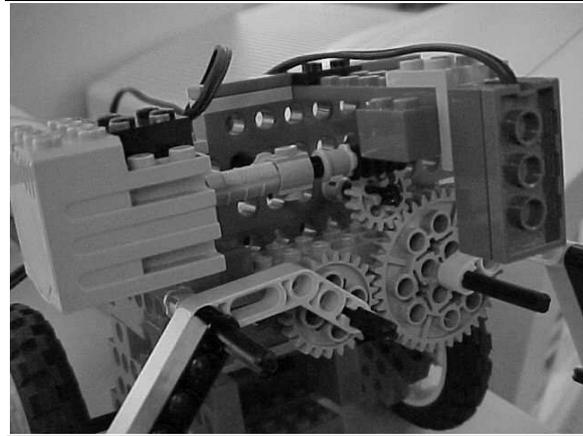
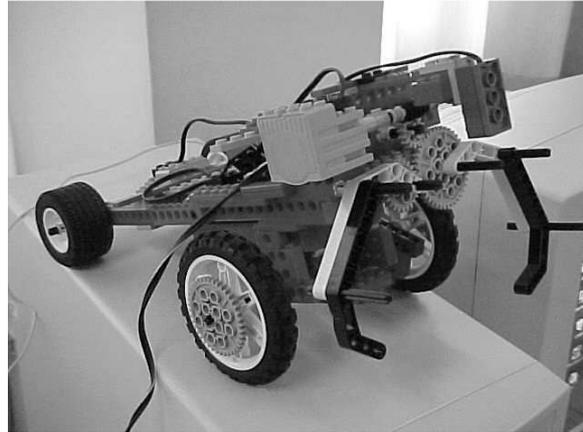
The Best

Este robô tem a capacidade de se locomover com apenas um motor, e pegar objetos com garras que são ativadas por um motor e um sensor de luz.

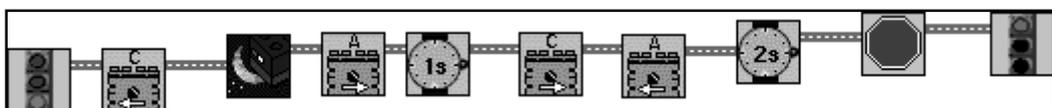
Se algum carro enguiçar o nosso carro poderá puxá-lo.



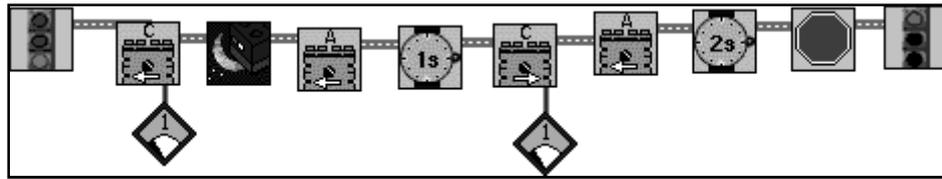
GRUPO D – “The Best” – carro-inseto – Protótipo



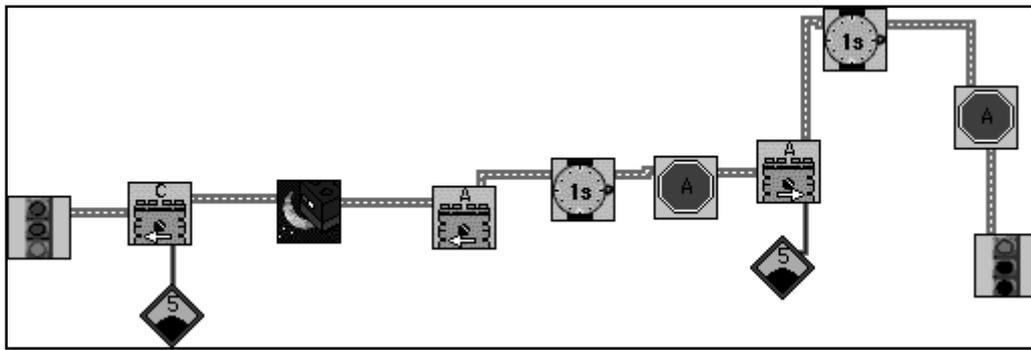
GRUPO D – “The Best” – carro-inseto – Programas



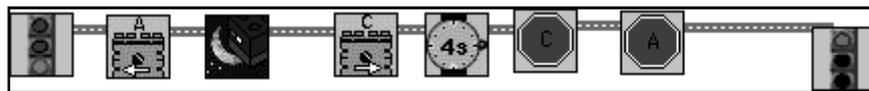
Versão 1



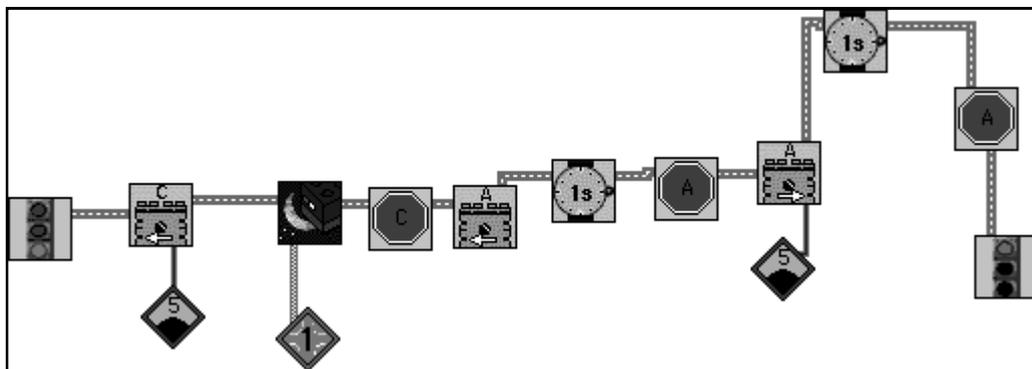
Versão 2



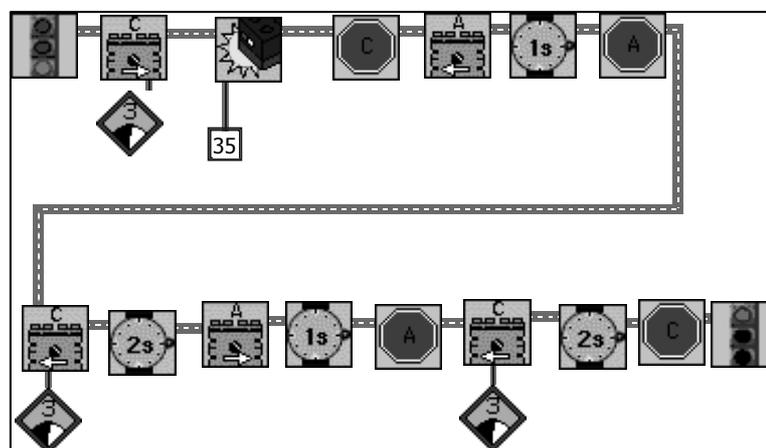
Versão 3



Versão 4



Versão 5



Versão 6

GRUPO D – “The Best” – carro-inseto – Relatório (PPT)

O Projeto

- No início o nosso projeto era bastante fútil mas devido ao nosso aprendizado ele foi ficando mais criativo e mais complexo.
- Com a ajuda do professor nós nos inspiramos na nave de marte e começamos a monta-lo
- Tivemos várias modificações fazendo ele ser balaqueiro

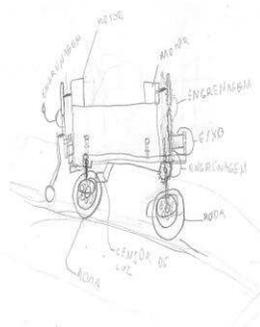
O que faz?

- Ele anda para frente e quando pega o objeto ele volta, para e larga o objeto
- Obs: O objetivo dele é transportar objetos



Como funciona???

- Ele ativara o motor e abriira as garras e começara a andar ate ter a ajuda de um sensor de luz ele fechara quando o objeto começar a se aproximar



FIM



D – Projeto erguendo objetos

OFICINA DE ROBÓTICA EDUCACIONAL

PROJETO ERGUENDO OBJETOS

Duração:
Set. a Nov./2004
12 semanas
36h

SUJEITOS:

Alunos E.F.
5ª a 7ª série

Idades:
11 a 13 anos

GRUPO B – “Guincho 1”

Suj.: BRU (11 anos), ERI (12 anos), KIM (11 anos)

GRUPO B – “Guincho” – Pesquisa de modelos

Quem constrói o protótipo que ergue o objeto mais pesado?



Essa retroescavadeira cava buracos, levanta objetos pesados e é meio devagar porque ela é muito pesada.

Esta é parecida com a retroescavadeira de cima, olhando bem você percebe que a garra esta ao lado da cabine de controle

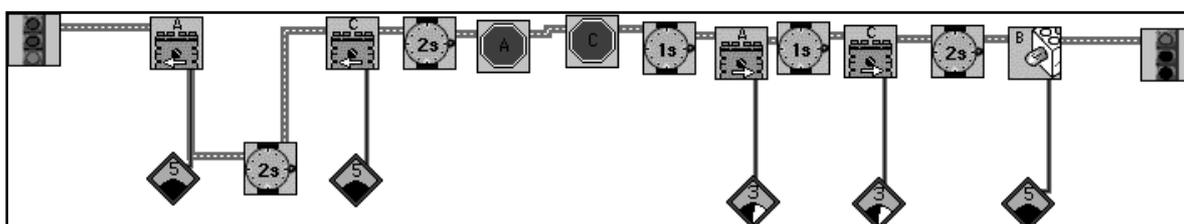


Esta retroescavadeira é muito boa para cavar, mas ela é ruim para levantar objetos porque tem um motor fraco.



Esta maquina é um giuncho ela só levanta objetos, e não cava.

GRUPO B – “Guincho” – Programa



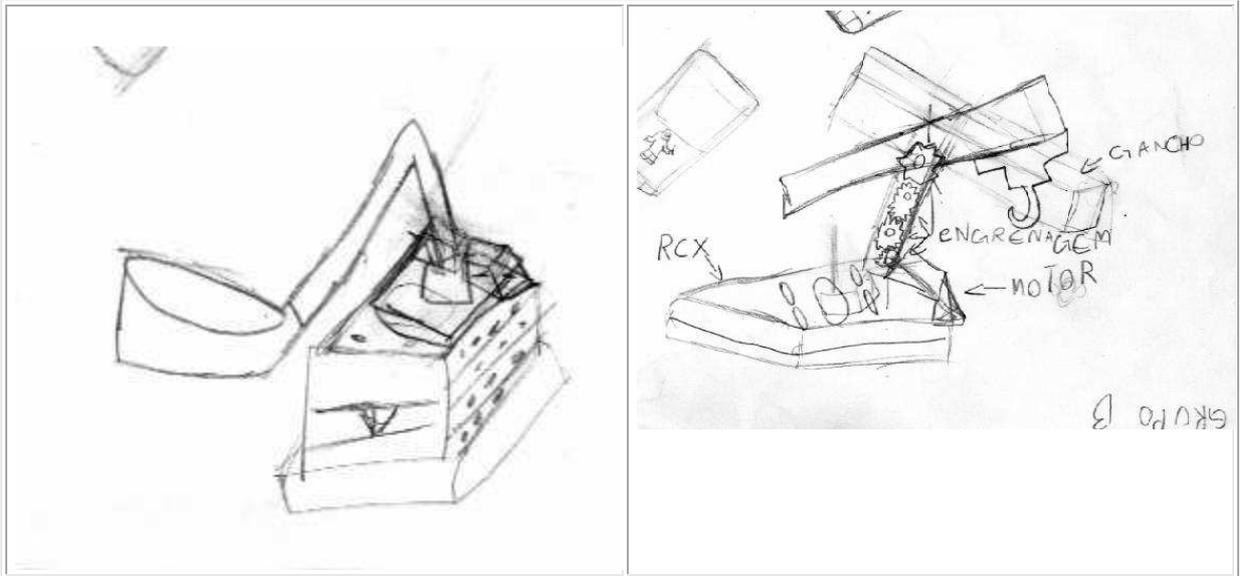
GRUPO B – “Guincho” – Relatório

ERGUENDO_OBJETOS

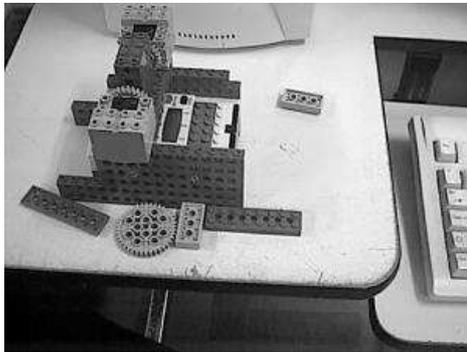
Nosso projeto tem 6 engrenagem, tem 2 motores e usa um gancho para levantar objetos e tem 1 rx para controlar o projeto. O projeto é baseado em máquinas com gancho como um guincho e ele não consegue andar, foi feito por BRUNO, ERIC e KIM do grupo de robótica.

Nosso projeto é movido graças a um carinha que controla a máquina.

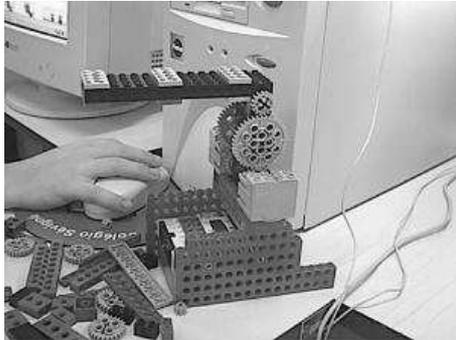
O nosso guincho está em uma competição!



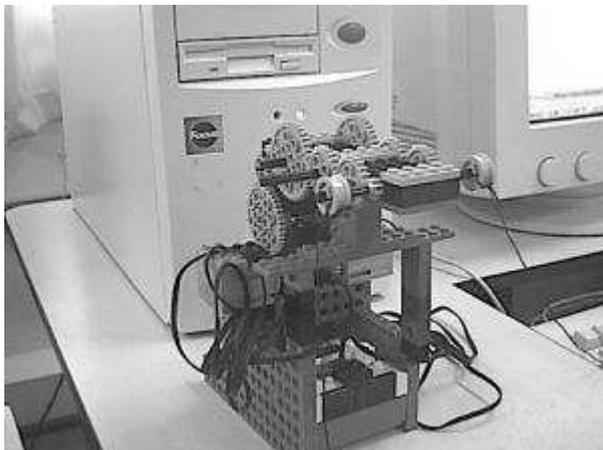
Esta era a idéia que nós tínhamos para ser o nosso projeto.



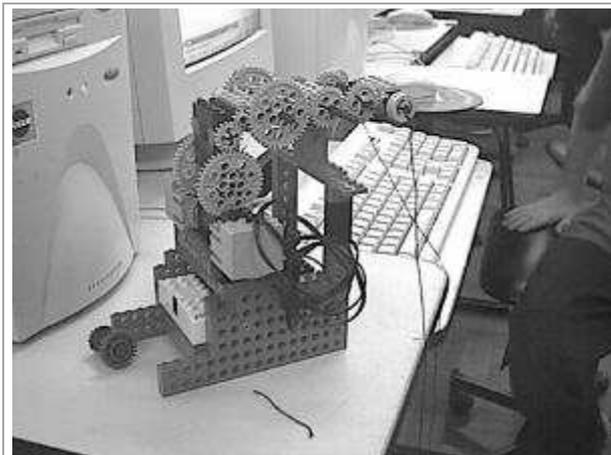
O início do nosso projeto.



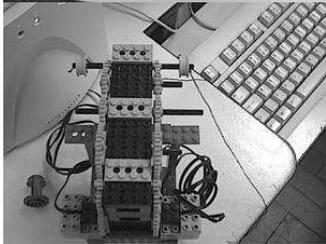
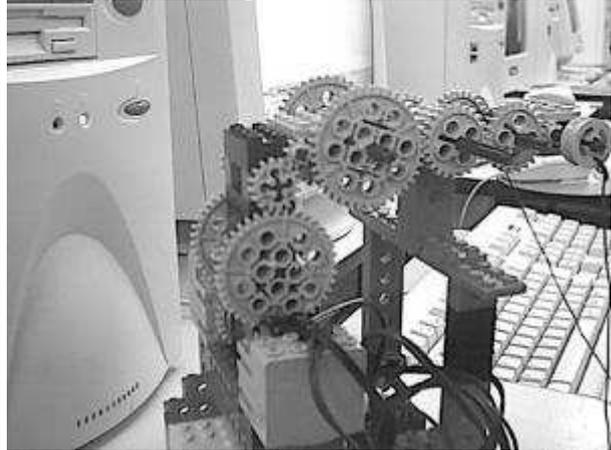
x



Este é o nosso prototipo quase pronto, depois disso nos colocamos a trabalhar para direcionar a corda.



O inicio do nosso projeto.



GRUPO C – “Retro Escavadeira” – Pesquisa e Relatório
Suj.: FEL (11 anos), FLA (11 anos), DAN (11 anos)

Retro Escavadeira



Serve para limpeza de rios e
fazer buracos profundos.

Serve para fazer loco moções e buracos.



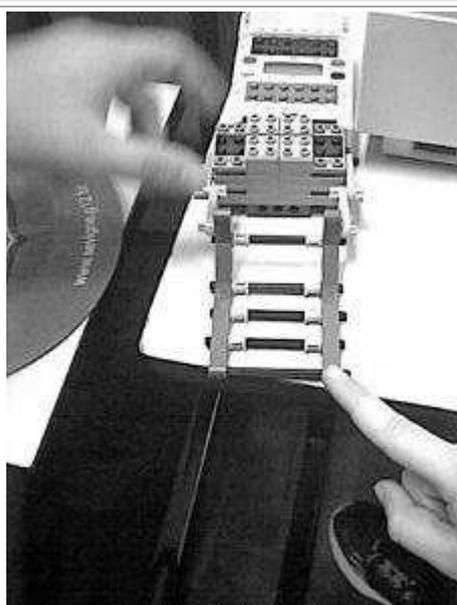
Serve para locomover peças e materiais.

A nossa idéia foi de fazer uma retro escavadeira nela possui:

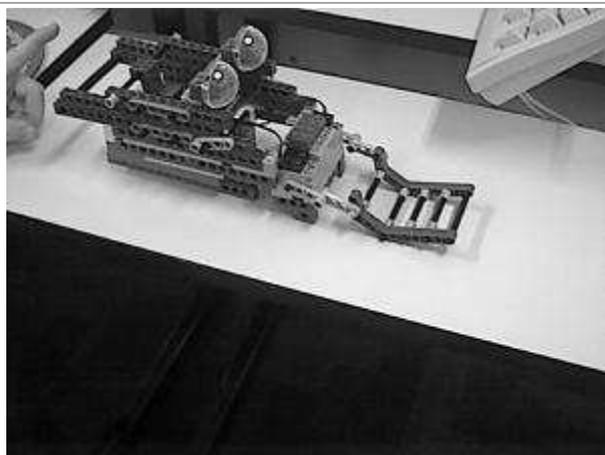
2 motores,
1RCX,
2 lampadas,
E outras peças.

Na nossa primeira tentativa deu errado levantou primeiro o lado esquerdo e depois o direito e tambem só acendeu a lampada direita. Dai o Professor sugeriu a tirar a escavadeira e observar o que acontece com os motores. Nos observamos que um motor girava para frente e o outro para tras. A solução foi colocar os dois motores girando para o mesmo lado.

Ai esta a transormação do nosso projeto:

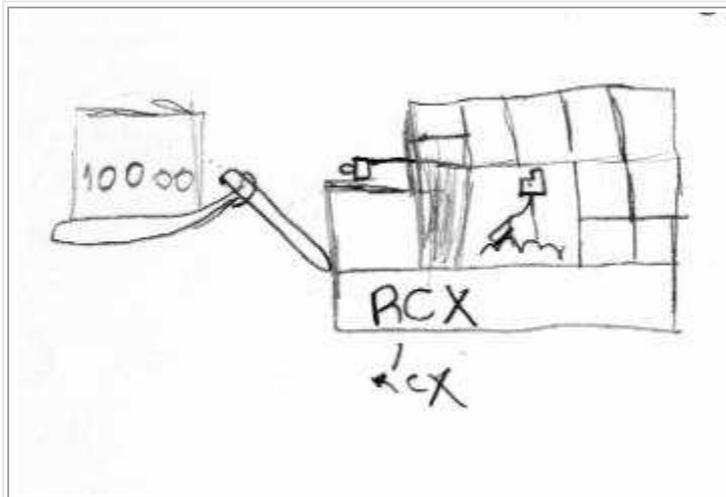


Ai era a parte inicial do nosso trabalho (só tinha RCX, motores, e a retro.

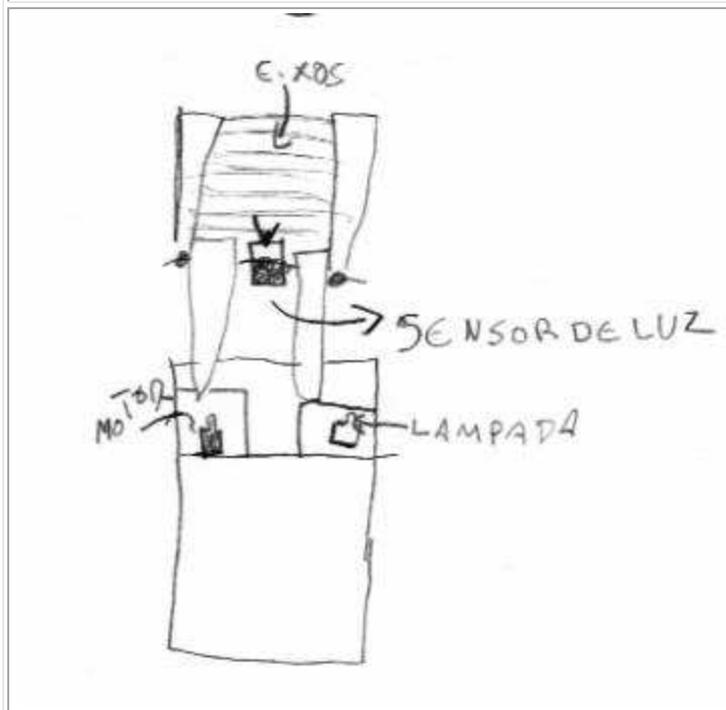


Ai ele ja esta pronto e esta incrível maquina carregou 200g!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

Para que ele levantase mais peso nós teriamos que aumentar o tamanho da retro para distribuir mais o peso.

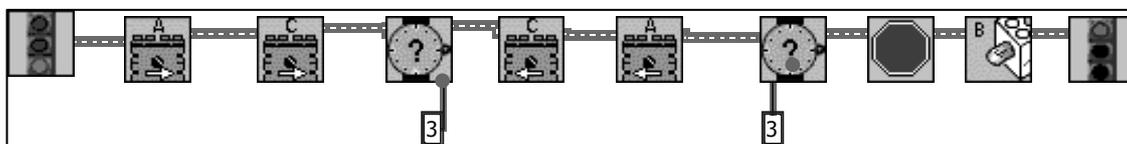


Ai esta o desenho do nosso projeto (visualização do lado).

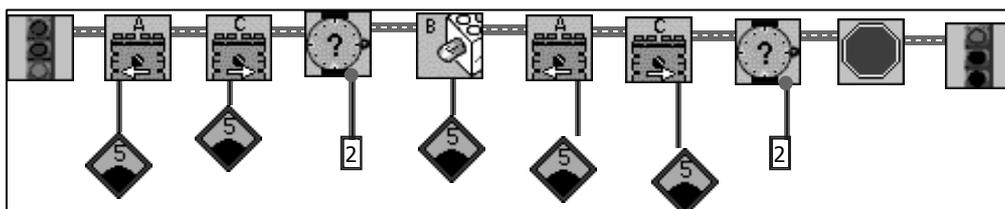


Ai esta o nosso desenho (visualização de cima).

GRUPO C – “Retro Escavadeira” – Programas



Versão 1



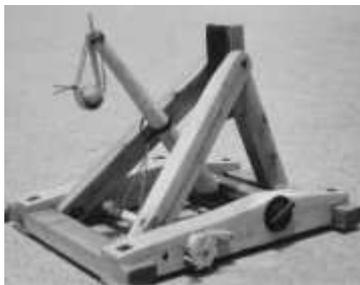
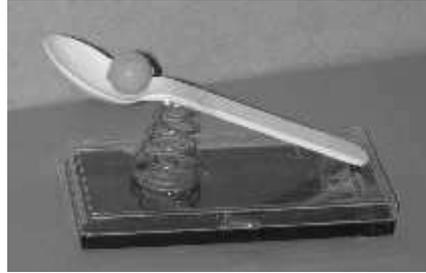
Versão 2

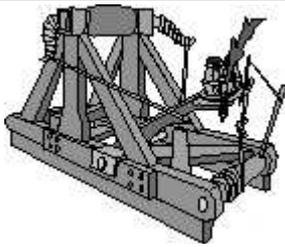
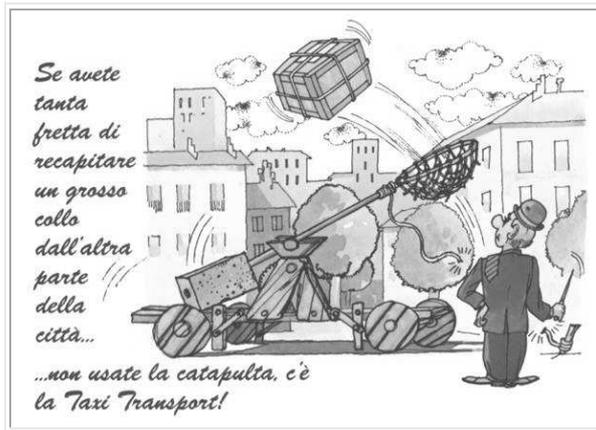
GRUPO C – “Retro Escavadeira” – Pesquisa



Antigamente no tempo das cavernas muitos homens tentavam carregar uma pedra mas nunca conseguiam. Um dia um homem cansado se sentou num tronco de árvore e a pedra se mexeu.

Ai vai alguns exemplos:





GRUPO D – “Empilhadeira”/“Guincho”

Suj.: MIG (12 anos), HEN (13 anos), EMI (13 anos)

GRUPO D – “Empilhadeira” /“Guincho” – Pesquisa

o que fazer?

nós pretendemos criar uma empilhadeira para poder levantar um objeto pesado.

como fazer?

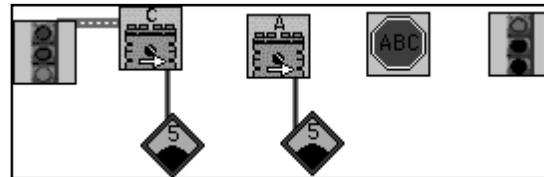
como só dispomos 2 motores não vamos fazer o carro se movimentar apenas levantarr o objeto



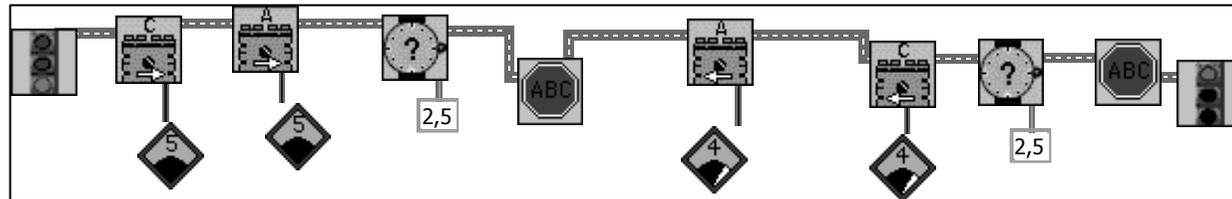
observem a diferença

elas são praticamente iguais só que a da direita foi feita para aguentar de 3 a 37 toneladas e a outra para mais ou menos 1 tonelada e meia

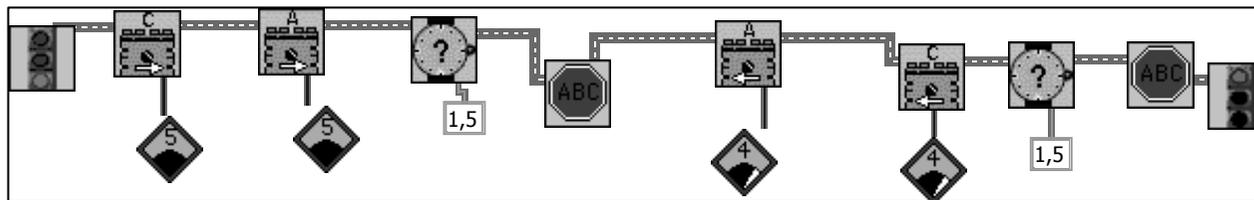
GRUPO D – “Empilhadeira”/“Guincho” – Programas



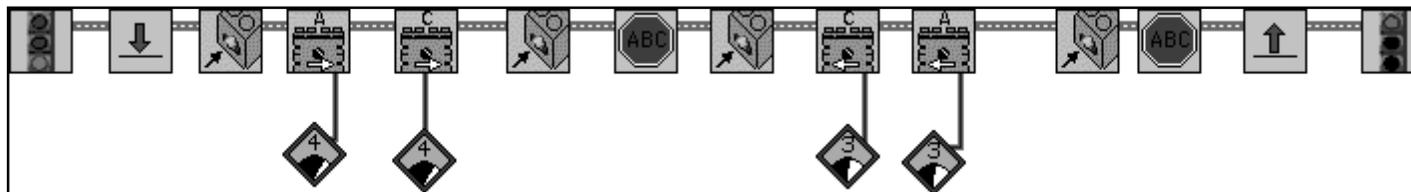
Versão 1



Versão 2



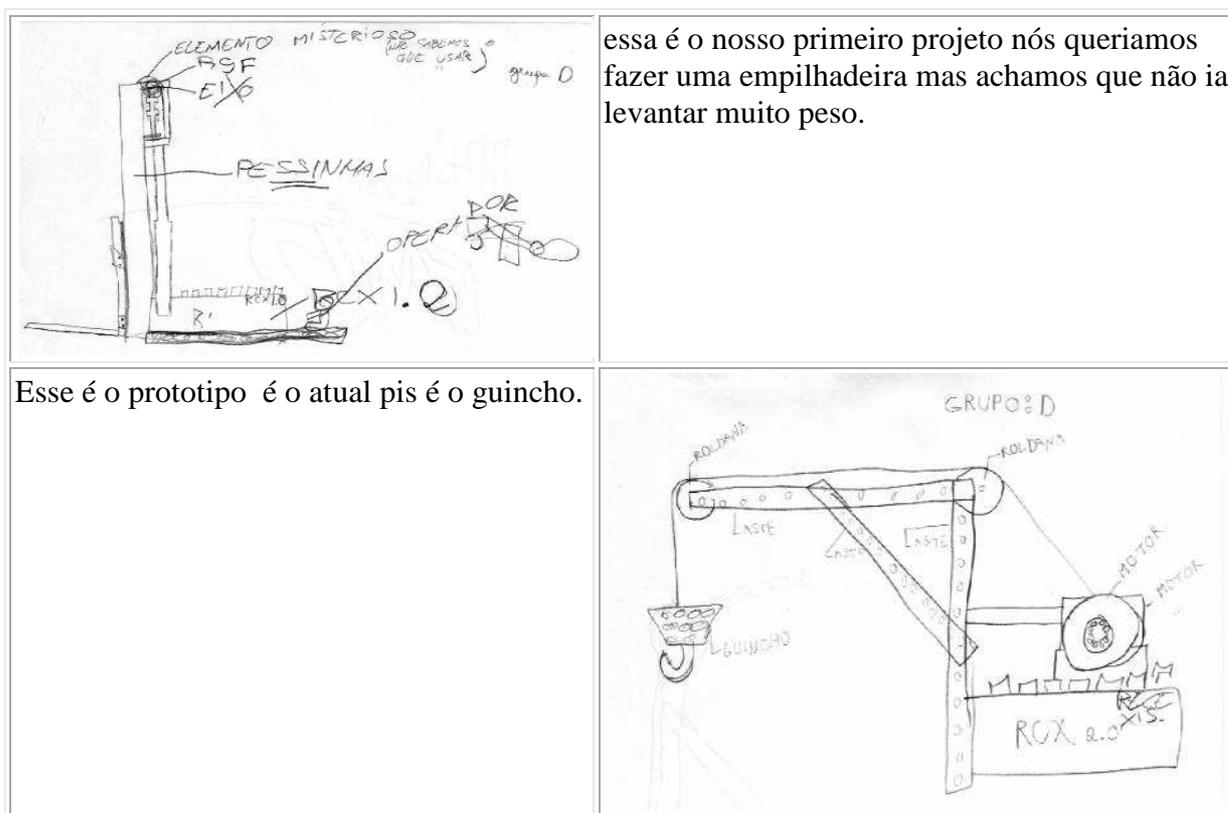
Versão 3



Versão 4

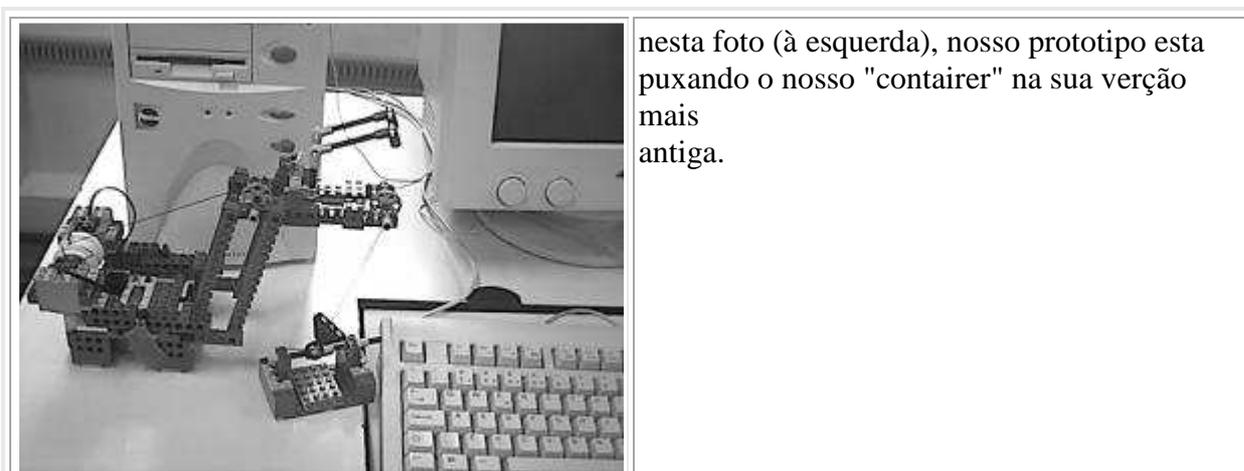
GRUPO D – “Empilhadeira”/“Guincho 2” – Relatório

Erguendo objetos

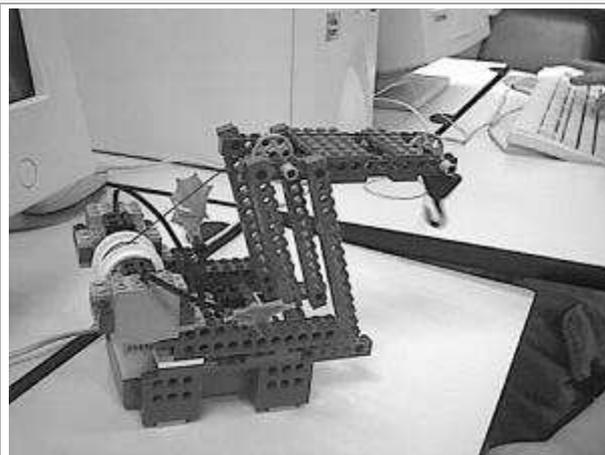


Nós mudamos o nosso projeto pela simplicidade de montar e porque nós achamos que o guincho levantaria mais peso.

Este robo tem dois motores na traseira que puxam o guincho, este protótipo não vai se locomover pois só temos dois motores e nós usamos para levantar bastante peso. Depois de um tempo nós mudamos um pouco tiramos uma roldana pois nós achamos que ficaria melhor porque de vez em quando a corda saia da roldana, mas não ficou porque ela desalinhava mais, e aí nós botamos da forma antiga que era melhor. Depois de um tempo acrescentamos um sensor de toque que ativava o guincho quando nós o apertava .



Nesta foto o prototipo atual, porém agora ele não tem mais as asas.



Nós programamos o robo pra que quando apertar o ceVE UM GUINCHO?
Muitas vezes usam o guincho para levar carros que foram multados mas também é usado para levar objetos de peso.

GRUPO D – “Empilhadeira”/“Guincho” – Pesquisa

Primeiramente os homens da pedra movimentavam a pedra empurrando por não possuir muita força
movimentavam apenas pequenas centímetros,depois começaram a pegar troncos e botar de baixo de uma pedra e apoiando (supostamente ,o homem achou uma pedra em cima de uma árvore e sentou em cima sem querera pedra se moveu)

Depois queriam em vez de precionar, de cima para baixo começaram a precionar de baixo para cima

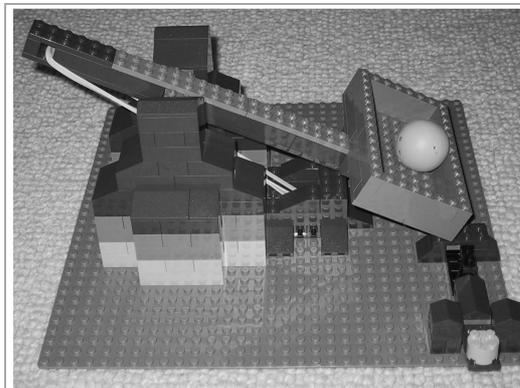
MAQUINAS QUE TEM ALAVANCA

CARROS

carro
no carro a alavanca é usada para mudar as marchas



trebuchet
no trebuchet ela é usada para ativar o lançamento



E – Projetos Diversos II

OFICINA DE ROBÓTICA EDUCACIONAL

PROJETOS DIVERSOS

Duração:
Mar. a Jun./2005
12 semanas
36h

SUJEITOS:

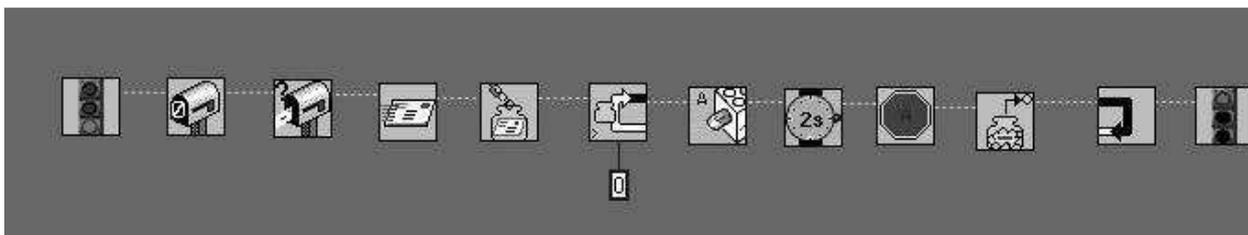
Alunos E.F.
6ª a 8ª série

Idades:
12 a 14 anos

GRUPO B – “Modelo Inseto”

Suj.: GUI (13 anos), JOA (13 anos), RAF (12 anos)

GRUPO B – Explorando a comunicação entre os RCX – Relatório

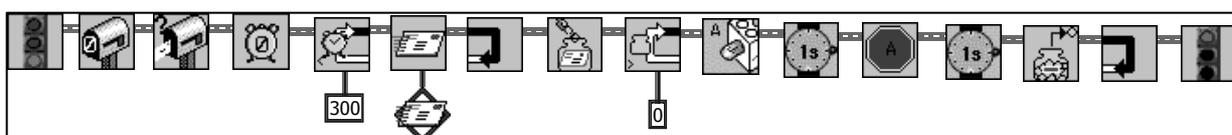


Programa: Esse nosso programa faz o robô indicar o número da mensagem recebida. Ele acende a lâmpada indicando o numero da mensagem.

Nesse programa tem os seguintes passos: Ele começa a funcionar na sinaleira verde, depois no segundo passo ele zera a caixa postal para novas informações de outro RCX. No terceiro passo ele espera que outro RCX mande um numero, o padrão é que ele receba qualquer numero, mas ele também pode esperar um numero exato.

No quarto passo ele envia um numero para caixa postal de outro RCX, logo depois no quinto passo o RCX pega o valor da caixa postal e coloca dentro do container. No sexto passo do loop ele faz um processo que vá retirando o valor do container até que chegue no resultado de zero, durante esse processo ele acende a luz na porta A por dois segundos logo depois desse tempo para de funcionar a lâmpada. No passo seguinte o RCX começa a retirar um numero do container. No penúltimo passo ele faz com que volte o loop para a sexta etapa e vá fazendo esse processo até que acabe o valor do container. Depois de tudo isso na sinaleira vermelha o RCX para de funcionar.

A nossa primeira tentativa foi frustrada, porque a luz piscava muito rápido e não se percebia o número de piscadas. Vamos tentar resolver fazendo o seguinte: colocando um outro tempo de dois segundos após o “pare”. Com essa modificação, conseguimos receber e transmitir o número da mensagem enviada por outro RCX. Mas, tivemos um outro problema: o nosso robô só envia uma vez a mensagem e o outro RCX acaba não a recebendo.



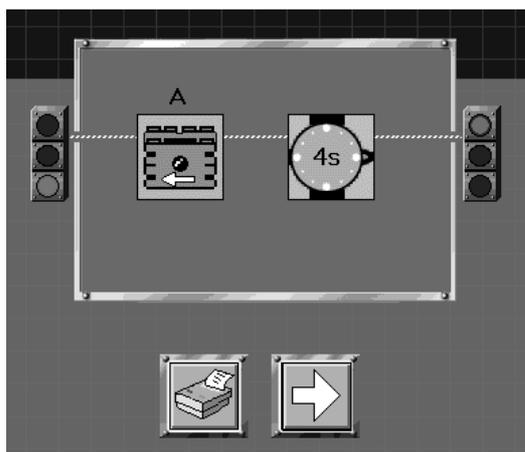
Versão final programa “correio”

GRUPO B – “Modelo Inseto” – Relatório

Projeto inseto:

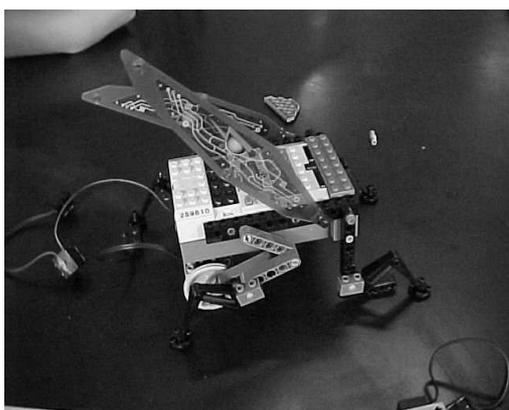
No projeto inseto primeiro aprendemos a mexer no RCX, exemplo: Como ligar os motores e sensores nele etc. Depois aprendemos a mexer na torre infravermelha para transmitir informações para o RCX que é o cérebro do robô.

Agora vamos explicar como transmite informações para o RCX no programa robolab.

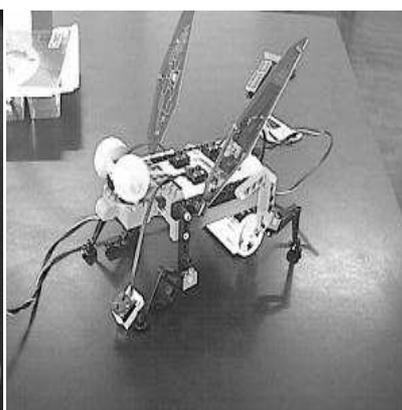


-Você entra no programa pega a torre infravermelha e coloca na frente do robô que possui também um infravermelho então aperte no motor para escolher que direção que ira girar.

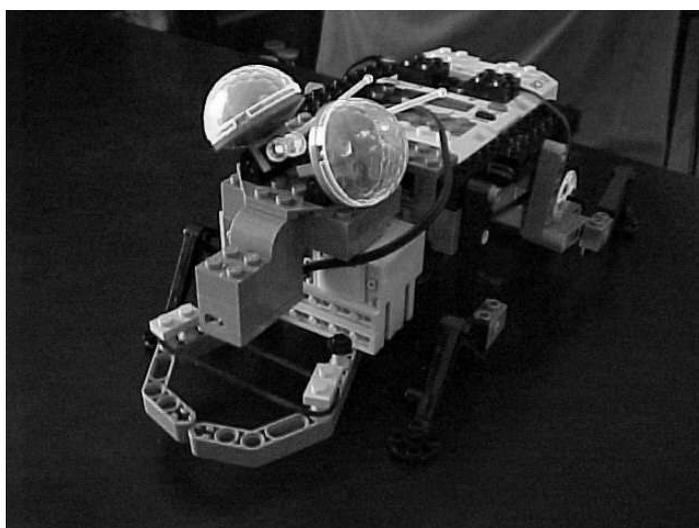
- Após isso clique no relógio ao lado para escolher quanto tempo o motor ira girar. Depois desse processo clique na flecha branca para transmitir a informação ao robô.



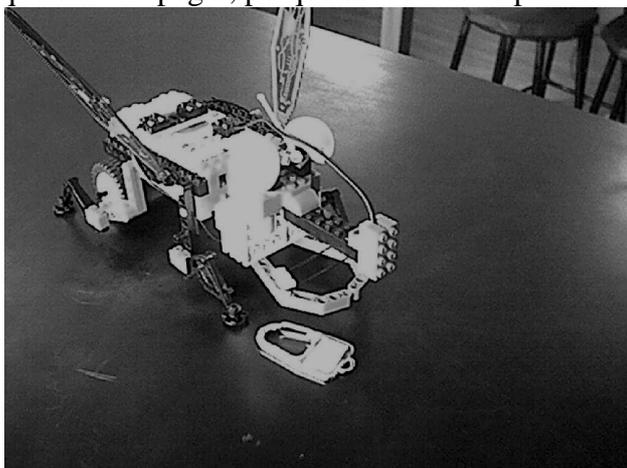
Inseto em montagem



Inseto pronto



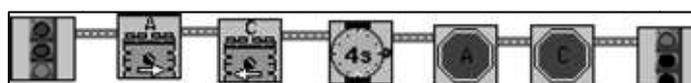
Nesta foto acima nós estávamos começando a montar o “inseto que agarra” mas percebemos que não estava muito bom pois o sensor de luz não estava percebendo o carrinho que deveria pegar, porque estava muito para cima.



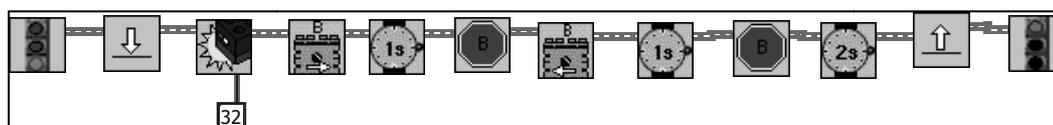
Nesta foto nós já tínhamos consertado o problema colocando uma dobradiça e o sensor de luz mais à frente. Assim o sensor de luz percebia o carrinho que atirávamos em direção as garras e transmitia informações para o motor abrir as garras e em seguida a borrachinha fechava as garras e prendia o carrinho.

Após fazer algumas modificações no inseto que agarra (começamos a usar engrenagens e não usar as garras diretamente ligadas no motor) e fizemos utilizando um único motor. Na hora que fomos programar as garras nós programamos errado, colocando para ser mais escuro mas depois nós modificando para ser mais claro, mas quando fomos testar uma das engrenagens se soltou fazendo as outras não gerarem, mas depois nós consertamos.

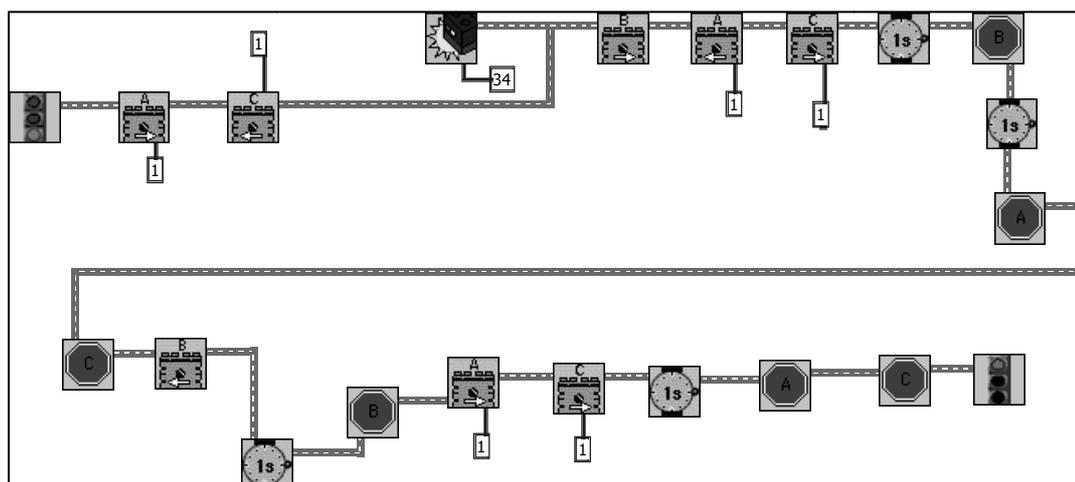
GRUPO B – “Modelo Inseto” – Programação



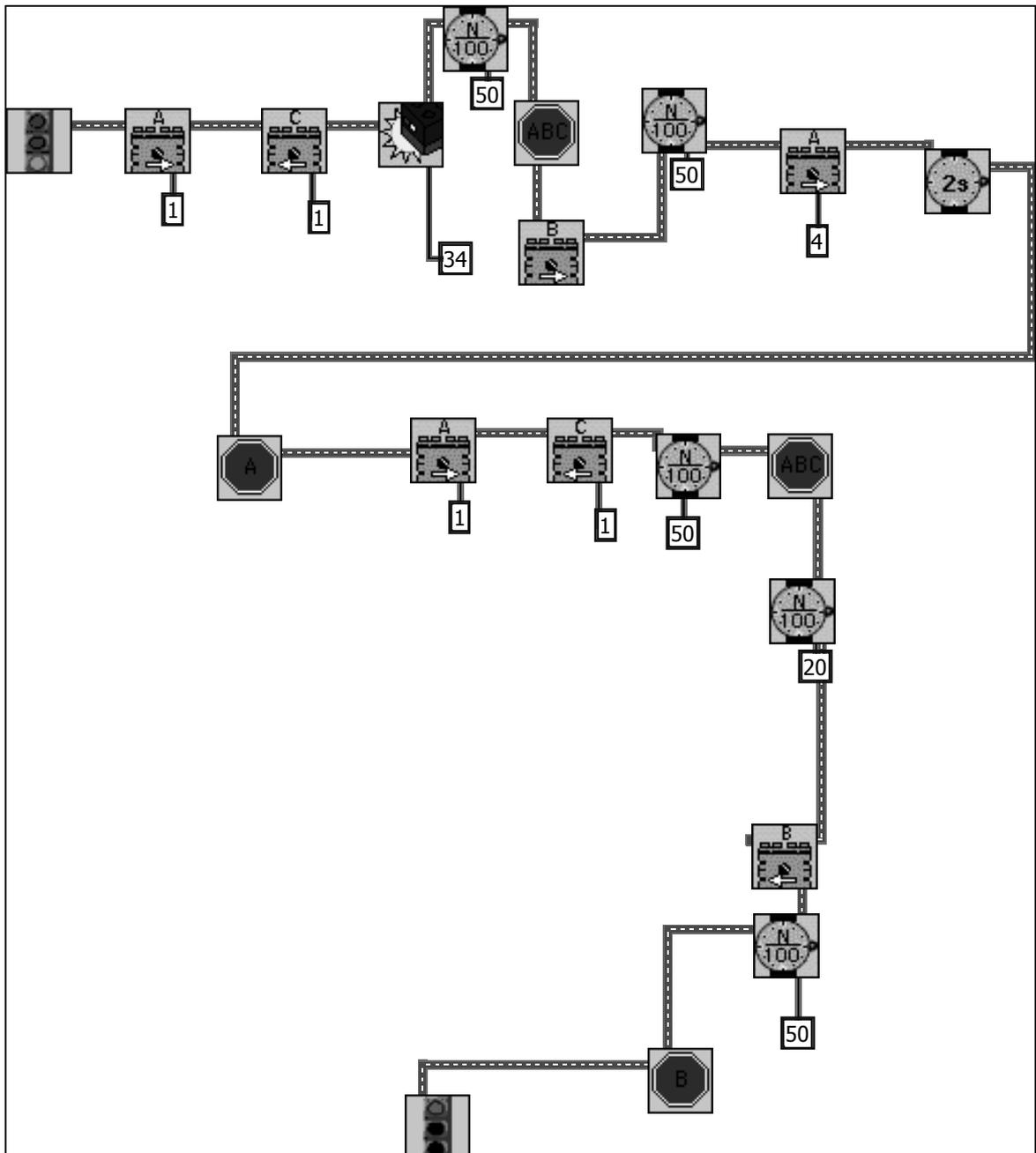
Programa “inseto anda”



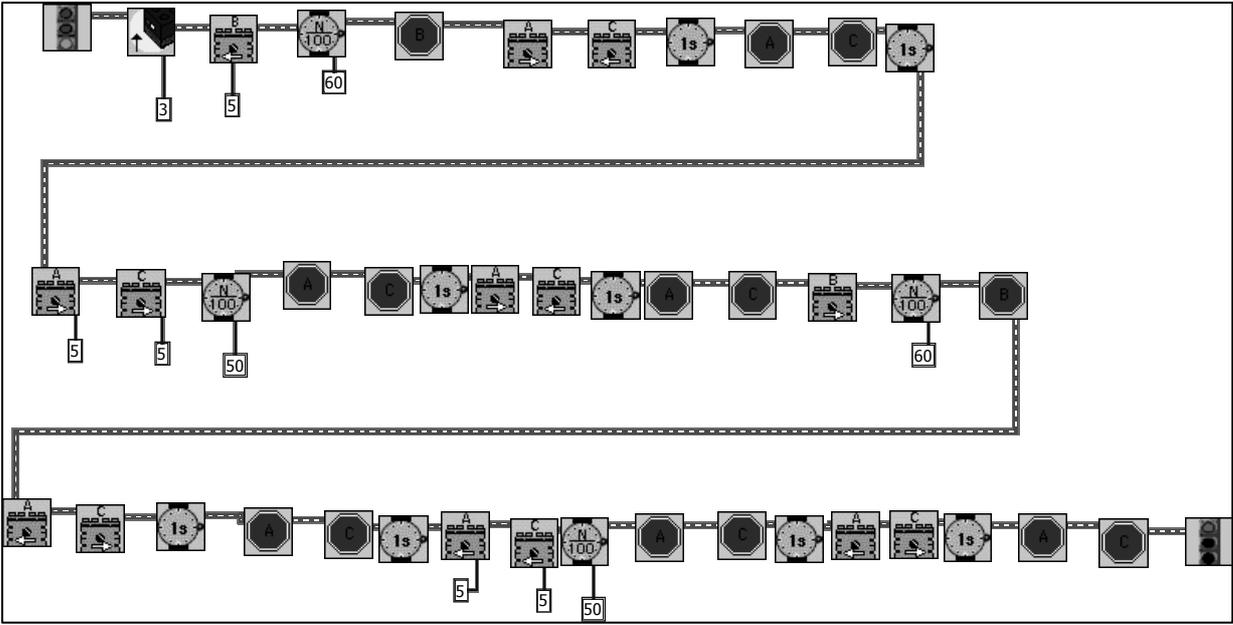
Programa “inseto agarra”



Programa “inseto anda agarra”



Programa “inseto anda agarra 2”



Programa "nova garra"

- uma broca

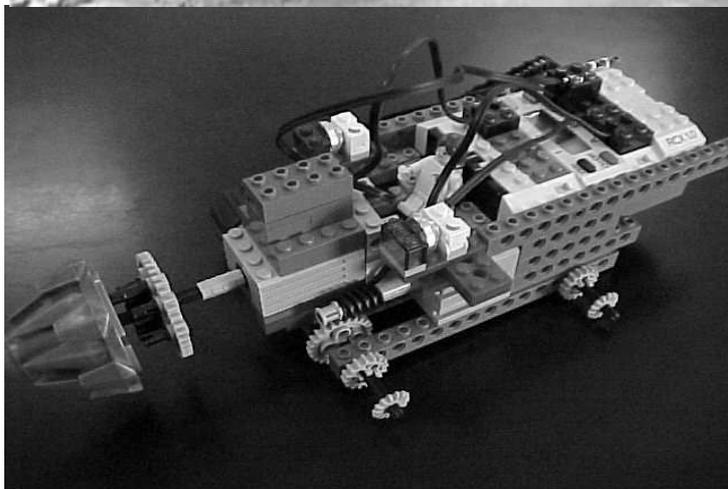


Figura 1 -projeto perfuratriz

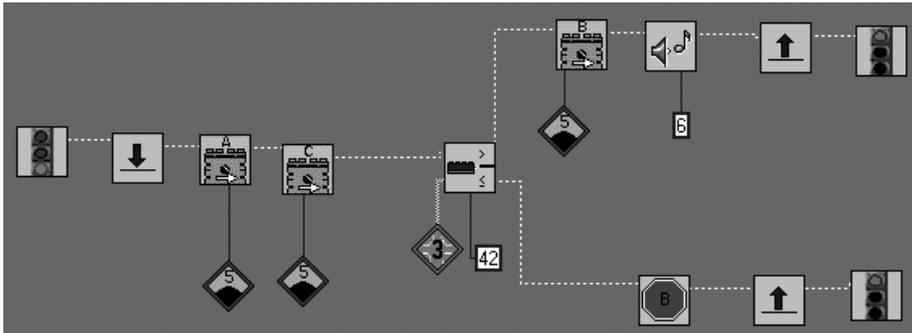


Figura 2 Esta foto mostra a programação do nosso projeto (projeto perfuratriz) com erro agora nos vamos mostrar o atualizado.

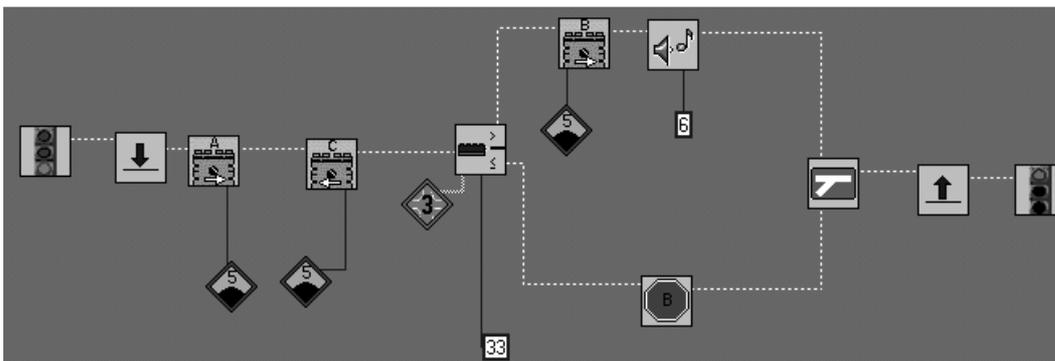


Figura 3 Esta é a versão atualizada do projeto (projeto perfuratriz)

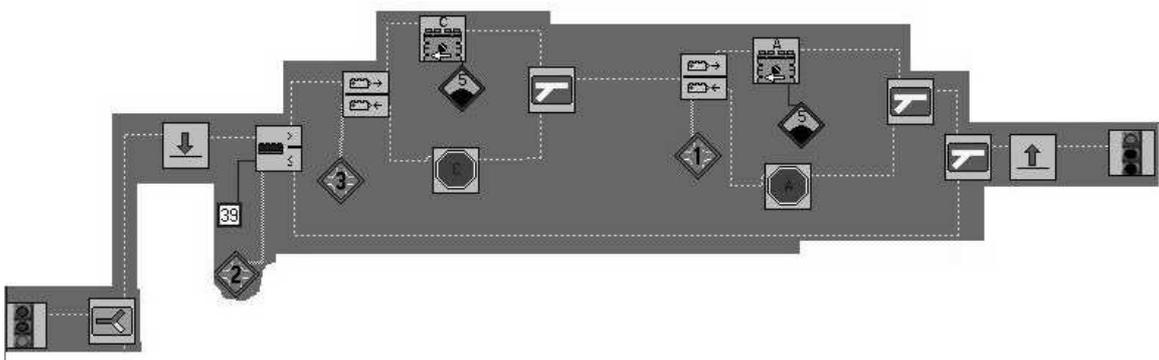
Primeiro tem o pouso depois liga os dois motores se for maior liga a broca e o bip e se for menor desliga a broca e reinicia toda programação.

A base dos obstáculos é muito fina e então é difícil emparelhar então eu vou botar a parte mais alta ali.

Data 04/05/05

O objetivo agora é poder mover a perfuratriz de longe e virar para os lados com a ajuda de um controle manual

A lógica do nosso programa é quando apertarmos o sensor de toque de um lado ele ira mover para aquele lado e visse e versa e se apertarmos os dois ele ira para frente. Se não apertarmos nenhuma não ira se mover.



GRUPO D – “Guindaste G2” – Relatório

Descrição do projeto: Protótipo G-2

O nosso projeto serve para capturar certos objetos metálicos, com seu guindaste que possui um ímã acoplado na ponta.

O ímã que vamos utilizar será um ímã induzido com quatro pilhas AAA (seis volts).

Nosso protótipo vai utilizar:

- *Um ímã - ele vai puxar os objetos que estiverem ao seu alcance;
- *dois motores - mover o guindaste para todos os possíveis lados;
- *Um micro motor -move o guindaste para cima e para baixo para capturar os objetos;
- *Duas esteiras-usadas para mover o guindaste;
- *RCX 1.0 – processará as informações que o guindaste vai utilizar
- *Rodas – move o guindaste para todos os lados possíveis
- *um sensor de luz -identificar quando tiver um objeto na frente do guindaste;
- *um sensor de toque.

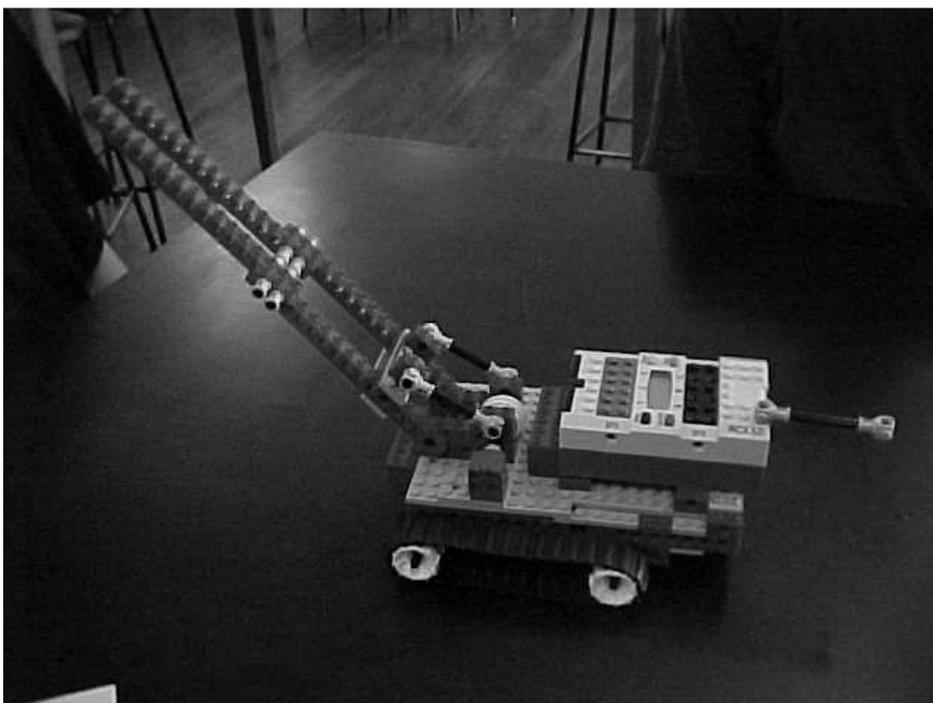


Figura 5-Nosso G-2 em fase de construção: Seus primeiros passos

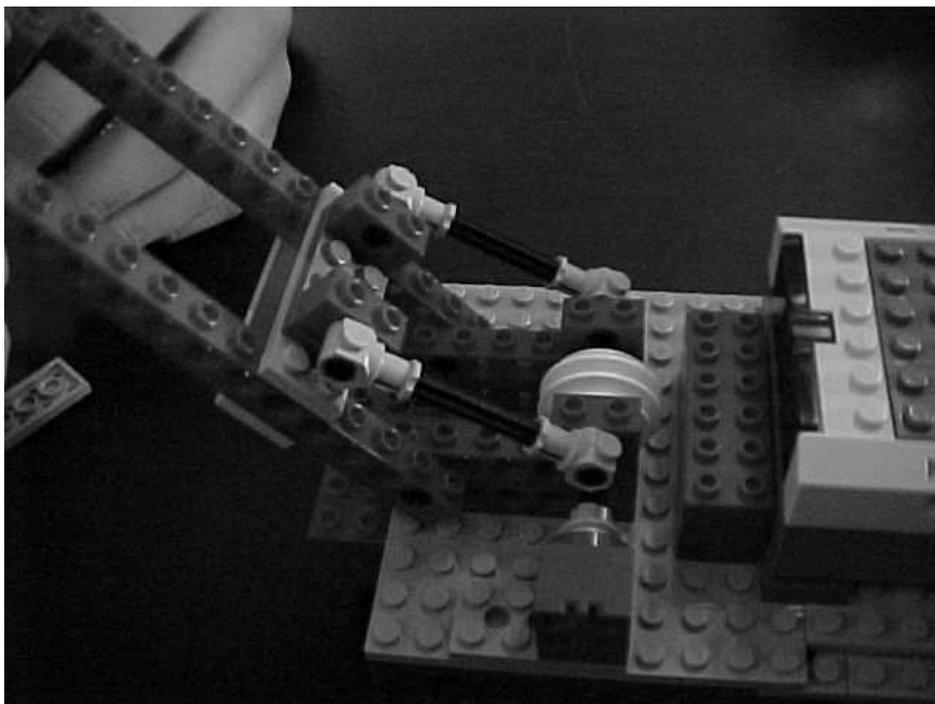


Figura 6-Os eixos que dão sustentação á haste do guindaste.

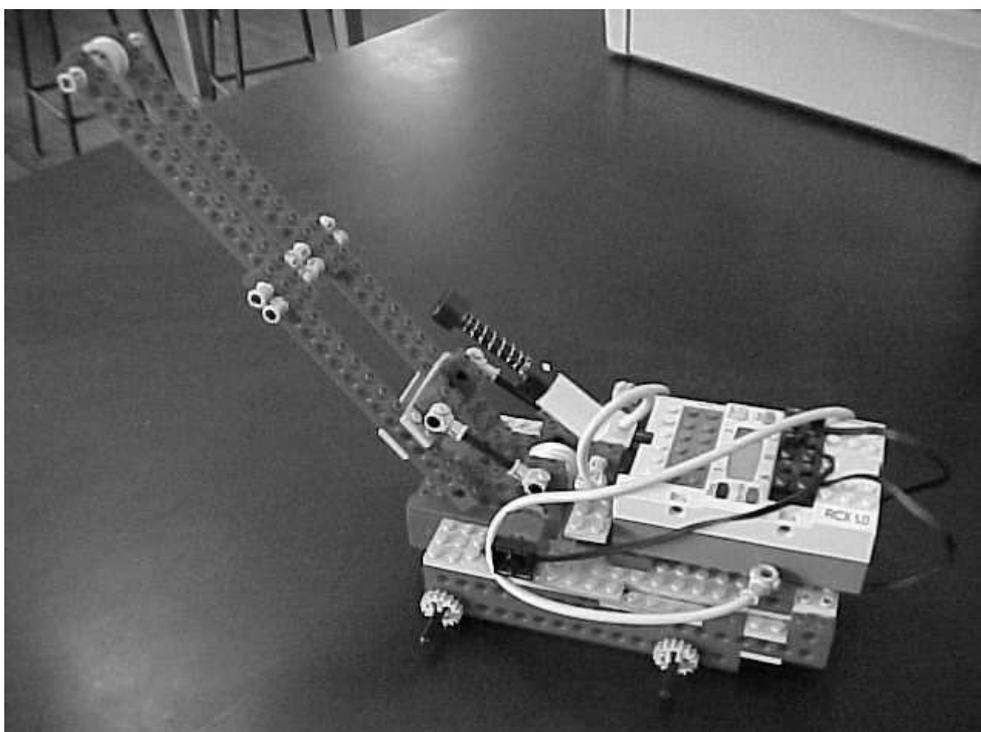


Figura 7- Nosso guindaste mais elaborado. Agora ele possui uma roldana que vai ajudar a mover o imã do guindaste para cima e para baixo e também uma bomba hidráulica que vai auxiliar na movimentação da haste.

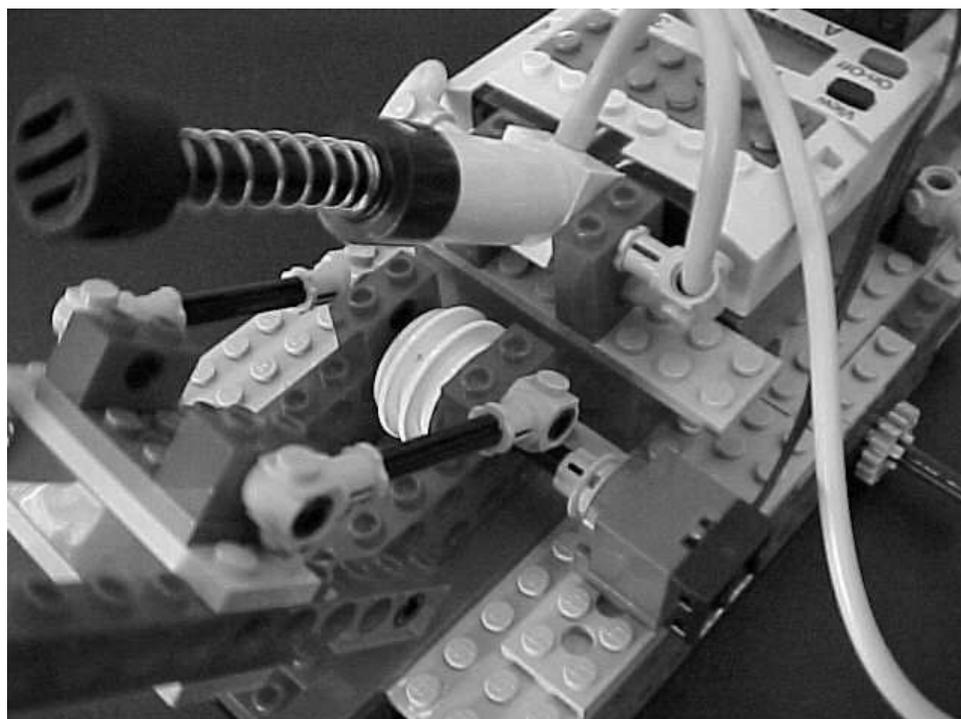


Figura 8- A parte que utiliza a bomba hidráulica mais de perto.

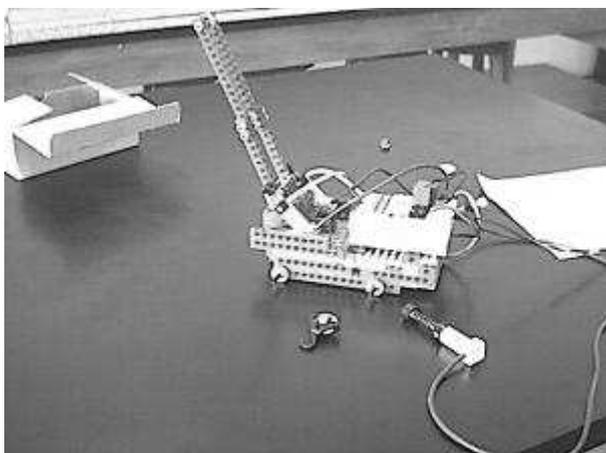


Figura 9- Nosso guindaste agora com mais bombas hidráulicas que auxiliam na subida e descida da haste.

Nosso guindaste agora possui bombas hidráulicas que auxiliam na subida e na descida da haste, na hora que ela vai “capturar” algum objeto.

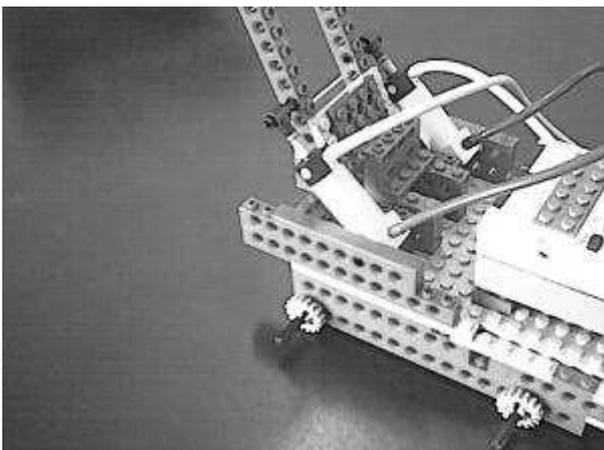


Figura 10- A parte nova hidráulica mais de perto.

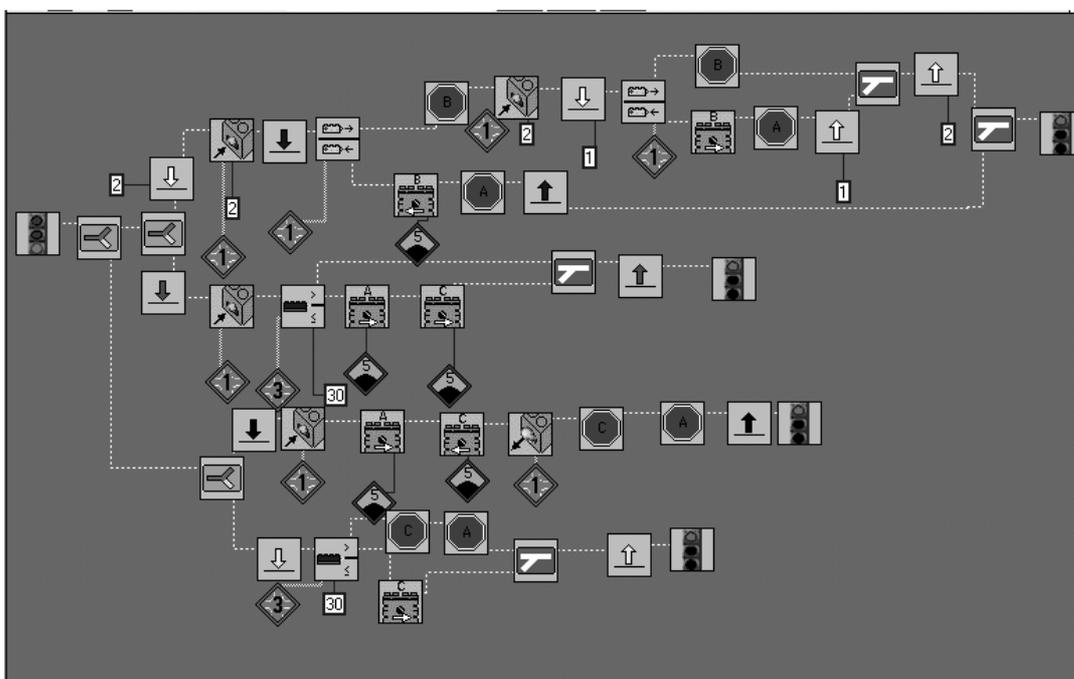


Figura 11- Esse é o programa do Projeto G-2.

Ele não obedecia, pois ao invés de ir para o lado ordenado, ele não ia. E a última parte do programa não funcionava direito. Na 1ª tarefa o gancho deveria subir e descer (não funcionou). Na 2ª tarefa andar para frente (ele funcionava em parte, pois na hora que deveria ele não parava). E na 3ª ele deveria andar para a direita (não funcionou). E a 4ª tarefa ele deveria andar para a esquerda. Essa tarefa foi à única tarefa que ficou totalmente bem sucedida.

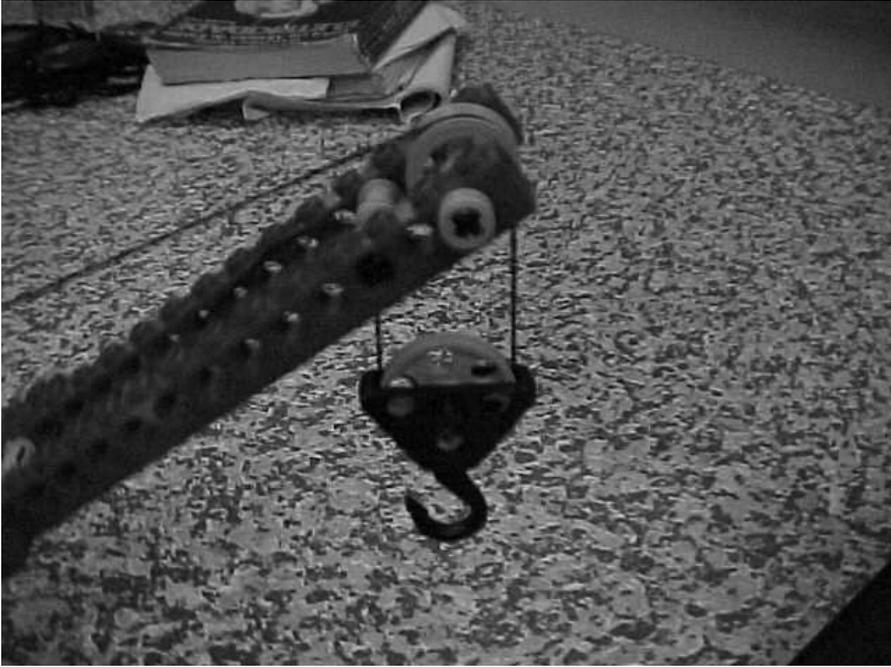
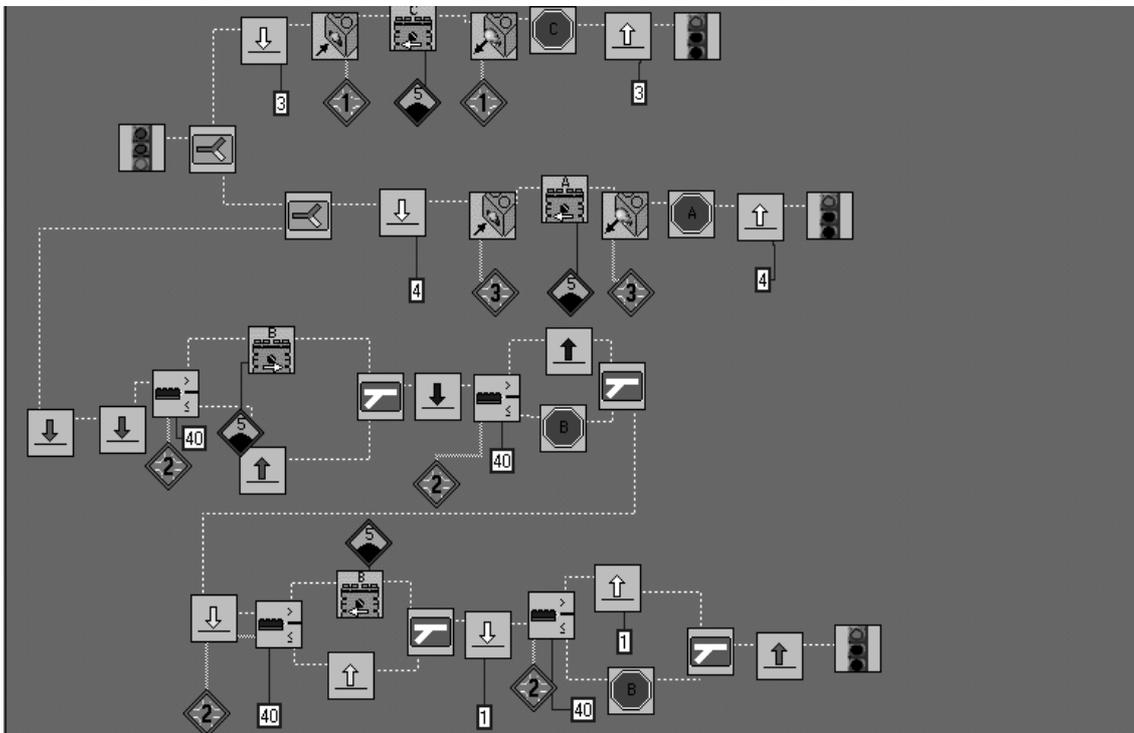


Figura 12- A Roldana

Essa é a roldana que vamos utilizar para “capturar” os objetos que queremos



Nesse programa só fizemos algumas modificações em relação ao controle que havia acabado de ser construído para nos auxiliar. Explicamos o que ele (o controle) faz certo mais adiante. debizinha



Figura 13- Novo guindaste

Aqui mostramos o guindaste que foi remodelado pelo grupo. Criamos um controle que irá nos auxiliar no movimento de motores. Também aumentamos o tamanho da haste, que é controlada por uma bomba pneumática.

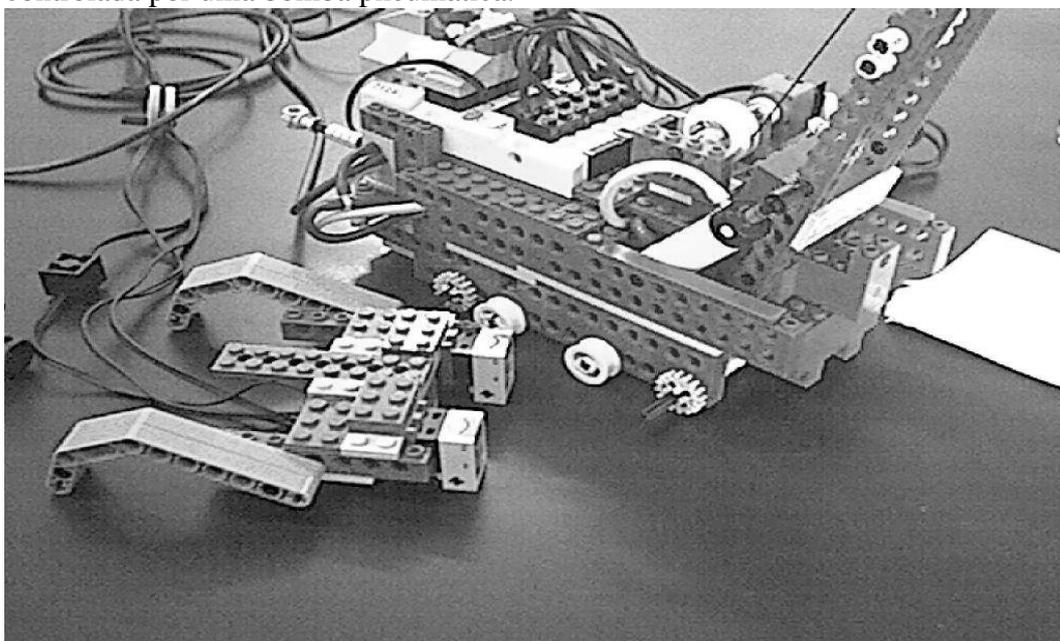


Figura 14- O controle visto mais de perto

O controle tem dois sensores de toque e um sensor de luz. Os sensores de toque controlam os motores que movimentam o guindaste. Por exemplo: Se apertarmos um dos sensores, o guindaste vai para o lado do sensor apertado. Se os dois sensores são apertados, o guindaste vai para trás.

Também, no controle há um sensor de luz. Esse sensor controla a subida e descida do fio da roldana. Quando a luz que o sensor detecta é maior que 40 o fio desce para pegar alguma coisa. Quando é menor que 40 ele sobe de volta para o lugar.

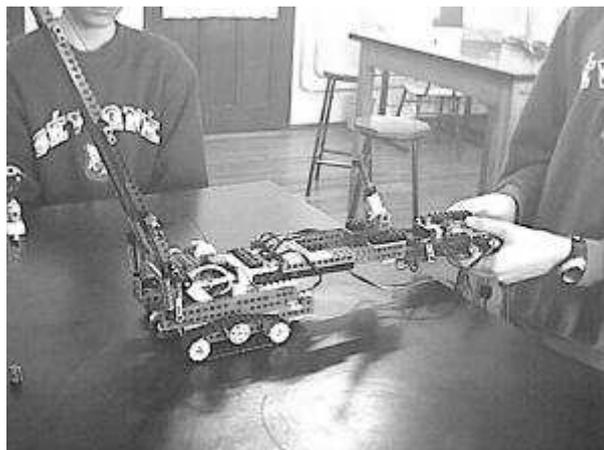


Figura 15-Guindaste remodelado

No guindaste, aconteceu um problema: Como ele não tinha algo que desse o equilíbrio exato ara ele acabava inclinando para trás.

Corrigimos esse problema colocando um peso extra atrás, fazendo com que à parte da frente ficasse em equilíbrio com a parte de trás.

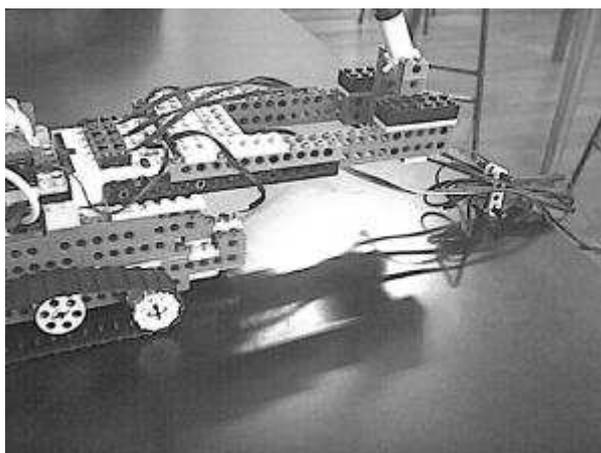


Figura 16 - Guindaste visto mais de perto

Esse é o nosso guindaste visto um pouco mais de perto.

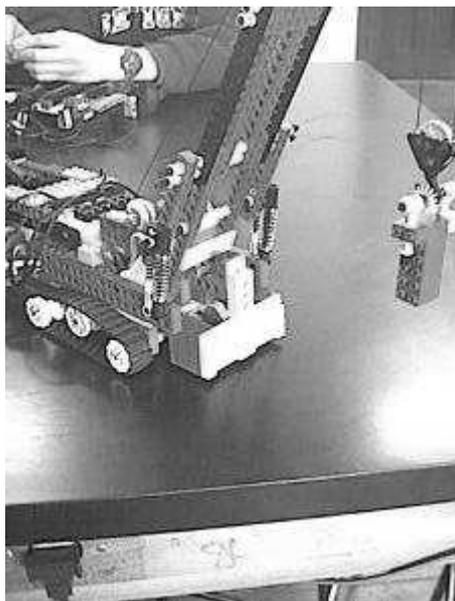


Figura 17 - Guindaste visto totalmente

O guindaste aqui está puxando um contrapeso para cima com o gancho.

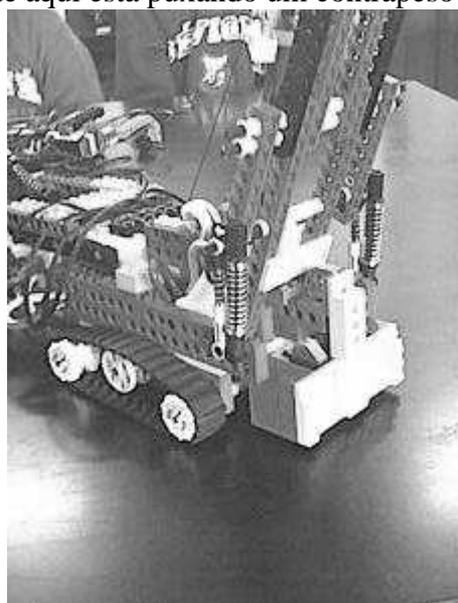


Figura 18- Guindaste visto de frente

Esse é o guindaste visto de frente. Como podem ver lê possui uma 3ª roda, que nos ajuda a fazer com que a esteira não tranque.

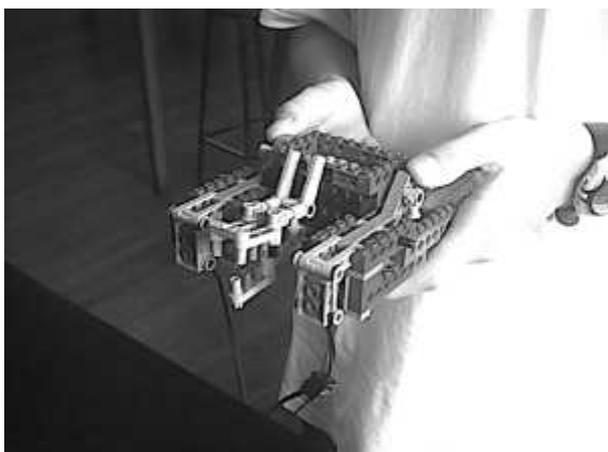


Figura 19 - O nosso controle remodelado

Este é o controle do nosso guindaste remodelado. Agora ele tem duas alavancas que, pressionam os sensores de toque.

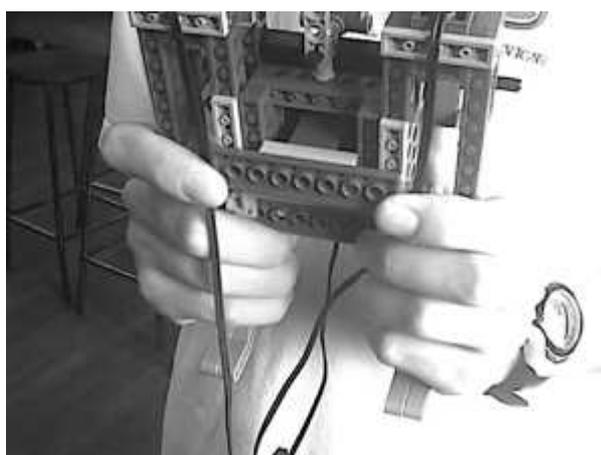
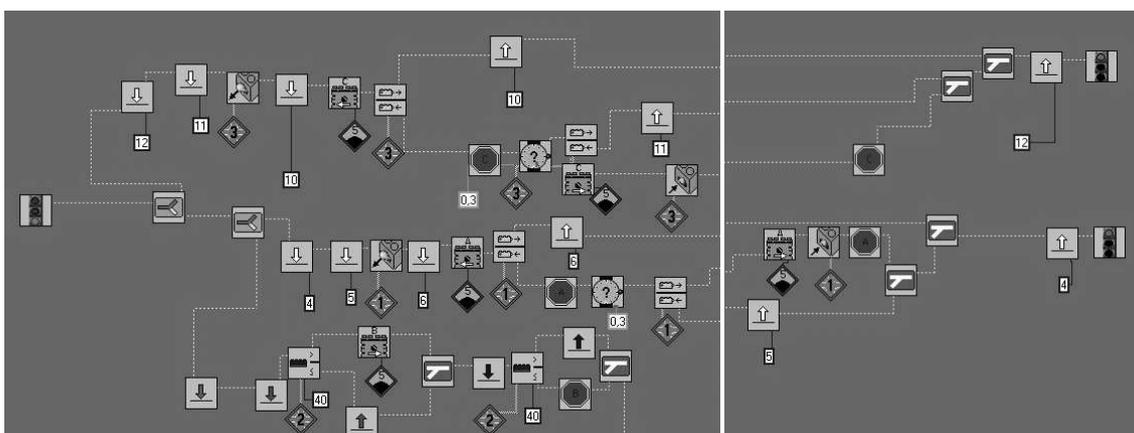
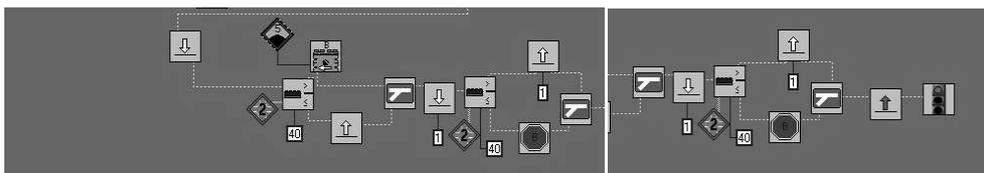


Figura 20 - Sensor de luz sendo acionado

Essa é a área que aciona o nosso sensor de luz, para, quando ele, for executar suas funções.





Vamos explicar exclusivamente o programa que construímos para o guindaste dar ré. O resto do programa é o mesmo que o antigo.

Começa com o sensor de toque sendo despressionado. Se ele continuar despressionado, o motor C começa a funcionar. Se o sensor continua despressionado o motor continua funcionando. Mas se apertamos, o motor c pára por 3 segundos. Mas se apertamos o sensor, voltamos pra o pouso 11.

Mas se despressionarmos, o motor c volta a funcionar para o lado contrário, que estava funcionando antes. E ainda se apertamos novamente, o motor c pára de funcionar.

No programa que esta abaixo acontece à mesma coisa, só que com as portas e os motores trocado. A porta é a 1 e o motor é o A.

F – Projetos diversos III

OFICINA DE ROBÓTICA EDUCACIONAL

PROJETOS DIVERSOS

Duração:
Jun. a Dez./2005
18 semanas
54h

SUJEITOS:

Alunos E.F.
6ª série

Idades:
12 anos

GRUPO A – “TurboCar” – Relatório

Introdução

Nosso trabalho começou em junho, com o grupo todo junto.

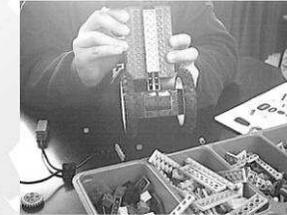
Após um tempo o grupo se separou, formando dois grupos.

O objetivo do carro era ser inteligente, Por isso colocamos 2 sensores de luz nele, Para ele poder fazer curvas perfeitas através de uma pista branca.

Hoje após muito suor chegamos aqui.

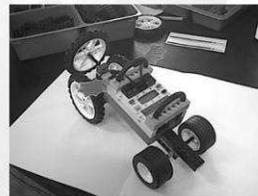
O início

Começamos a construir o Carro. Percebe-se que ele é só um RCX com rodas. POR ENQUANTO é só o Esqueleto.



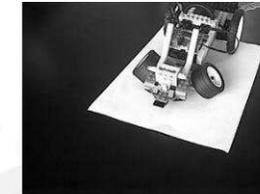
O Dragão

O carro acabara de ganhar asas! Também colocamos o motor traseiro.

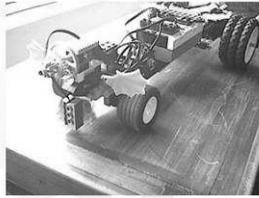


Surge o Carro palito

O carro palito foi criado com o motivo De poder andar em zig-zag. Ele estava com as rodas “meio” molengas, Então arrumamos elas, mudando o eixo e Usando um sistema de engrenagens.

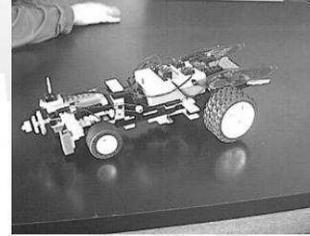


Carro Bafo de Dragão



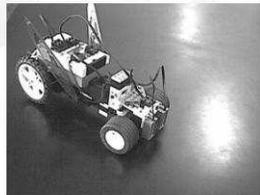
Após o carro passar pelo teste e fazer Curvas, utilizamos 1 sensor de luz para o Carro ser inteligente.

Quase pronto



O carro estava com dois sensores, mas Estava rápido de mais, então mudamos Ele em tamanho e criamos um eixo novo Que deixou o carro mais devagar.

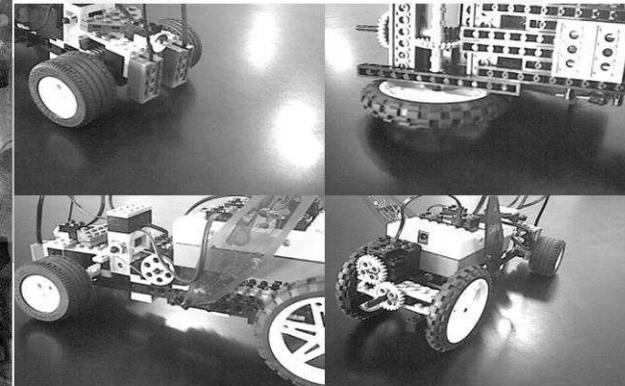
Pronto!!!!!!!

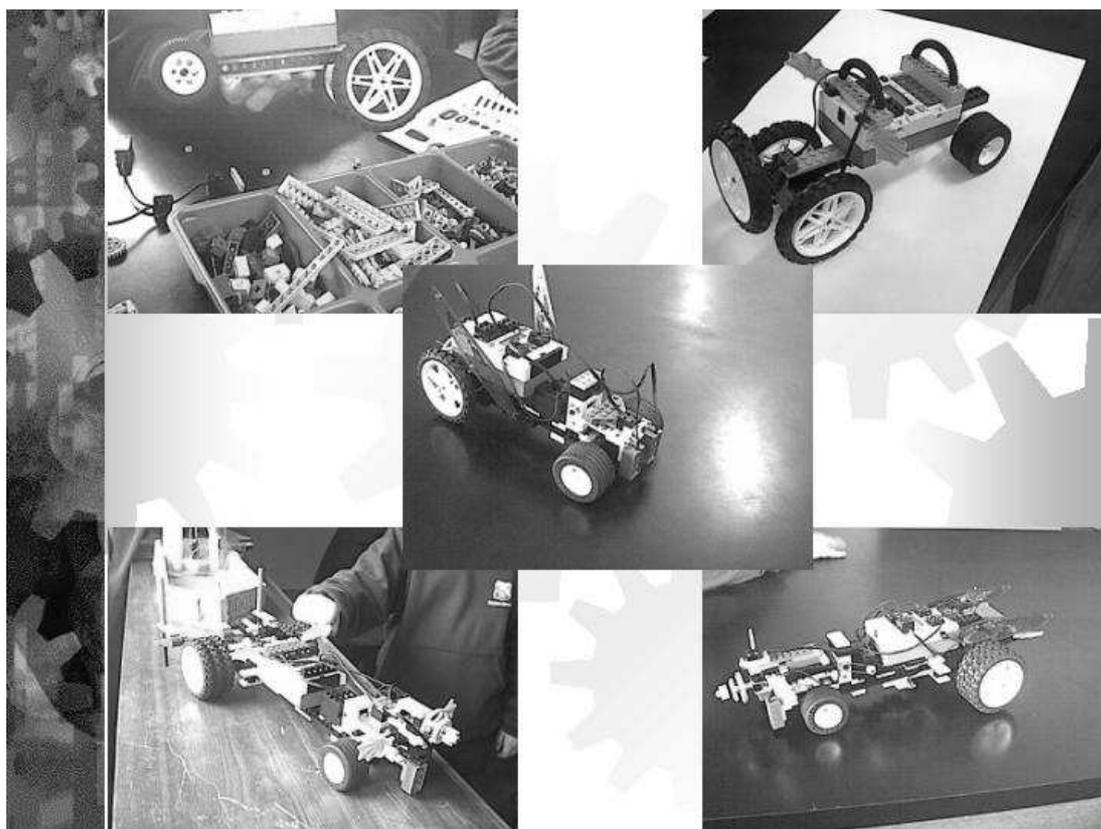


O CARRO FUNCIONA!!!

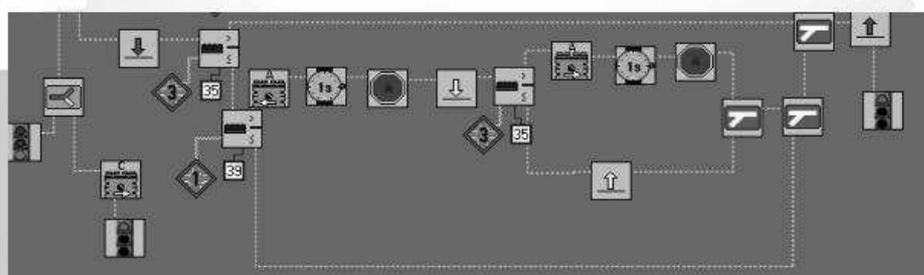
APÓS MUITO TRABALHO DURO CONSEGUIMOS TERMINAR O CARRO!

ENGRENAGENS



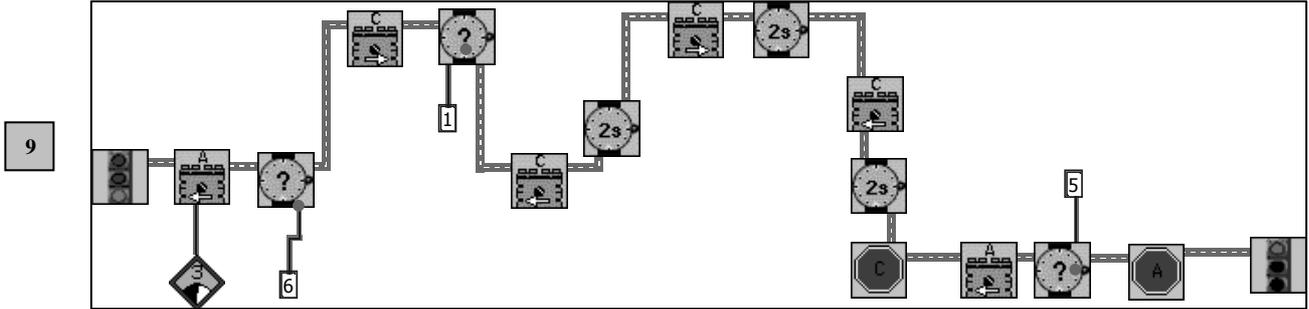


PROGRAMAÇÃO

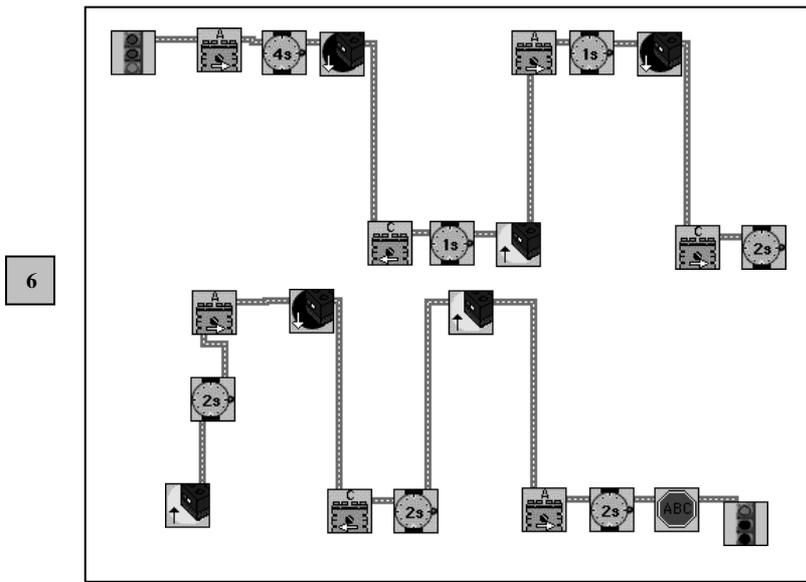
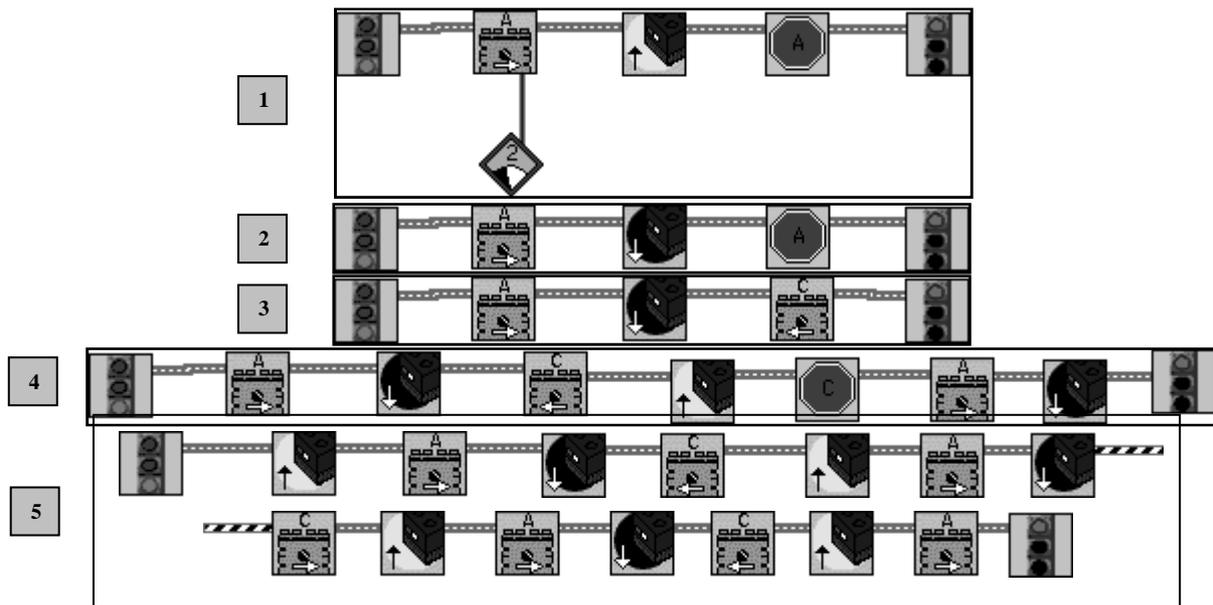


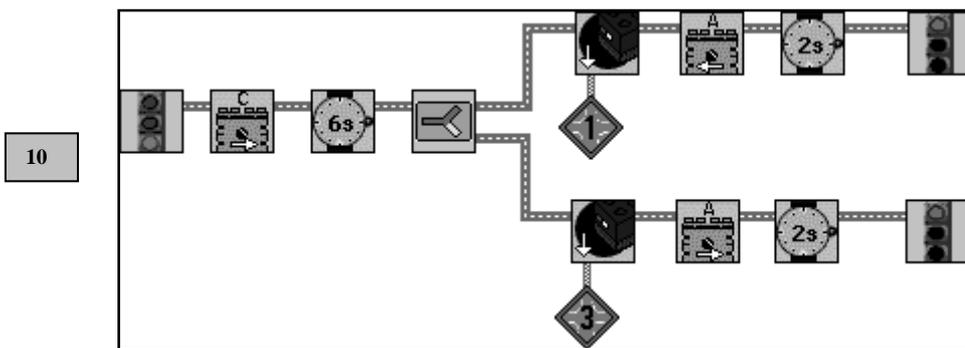
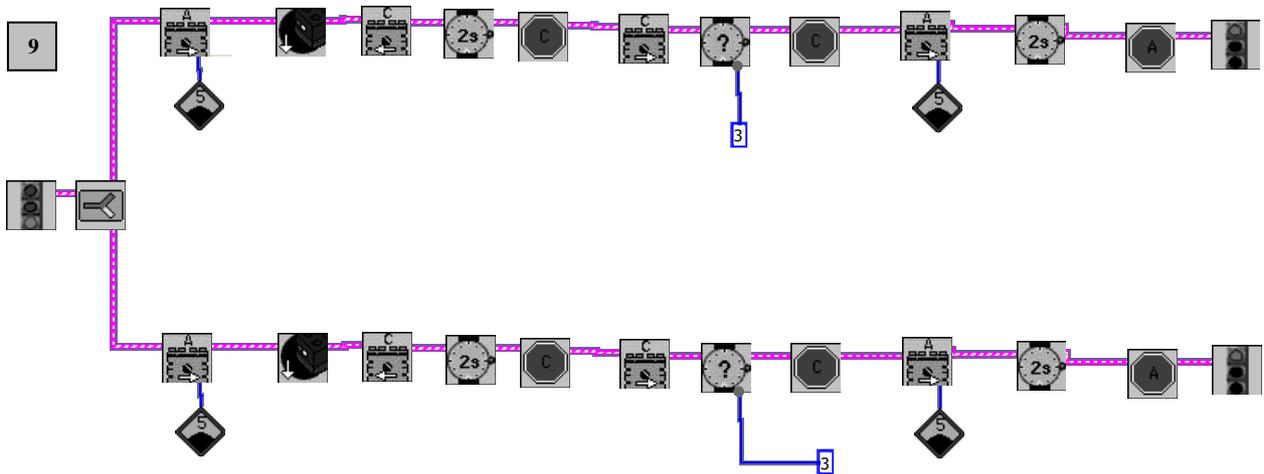
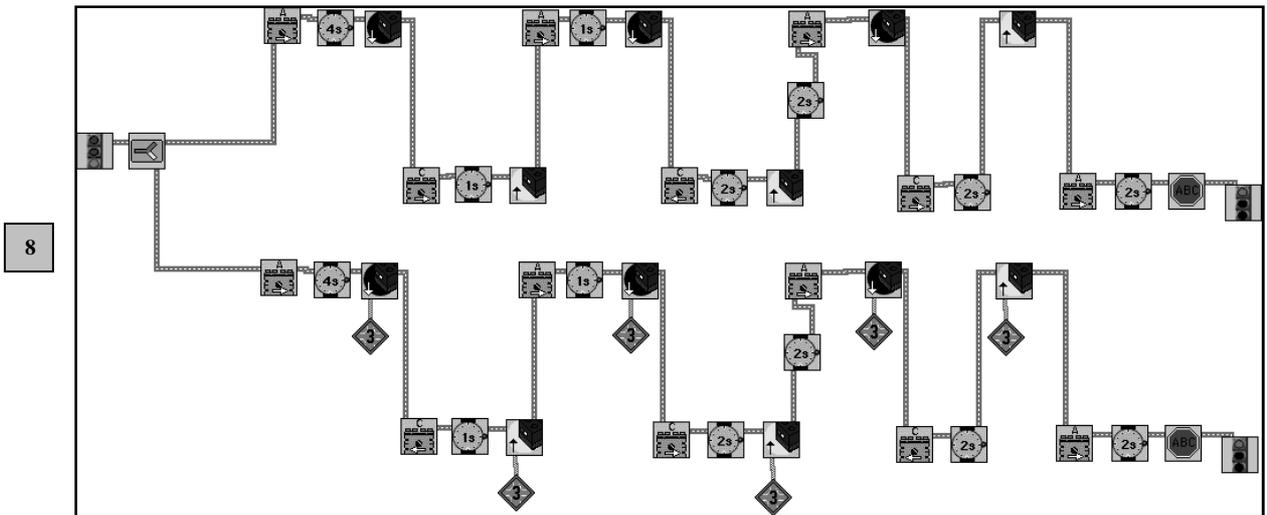
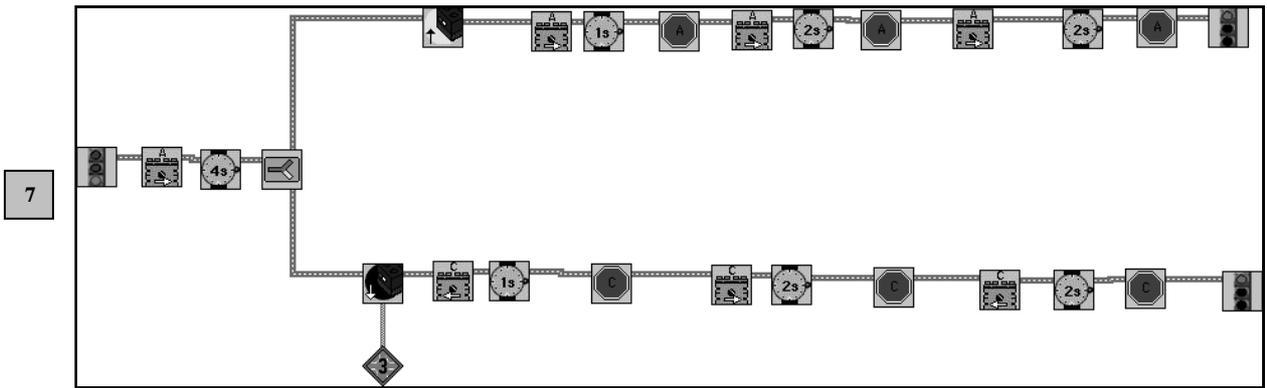
COMEÇA A PROGRAMAÇÃO! PASSAMOS PARA O TRABALHO 2 LIGAMOS O MOTOR E FIM DESSE PROGRAMA!

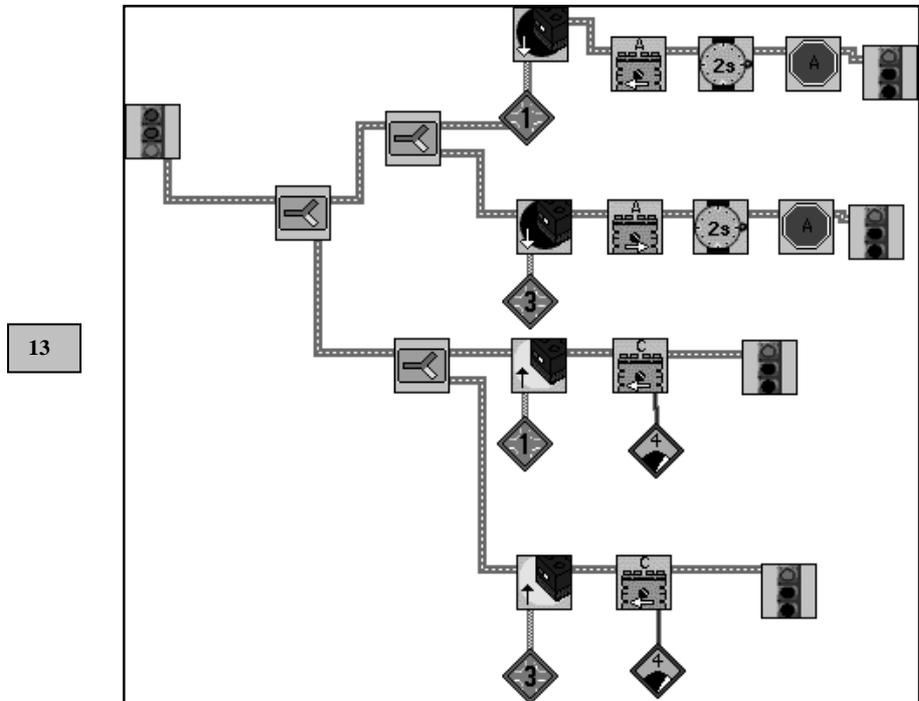
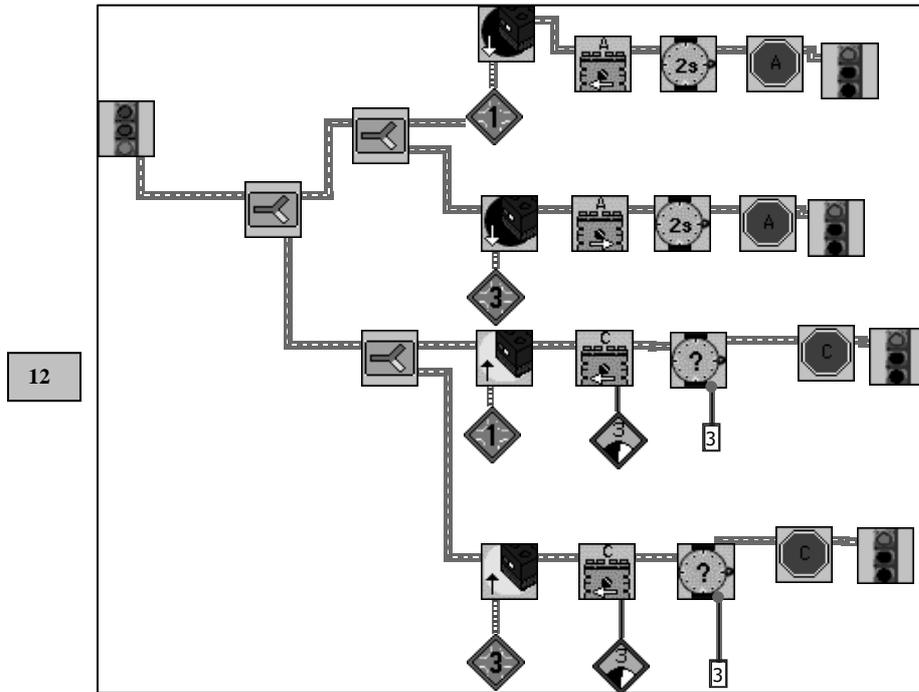
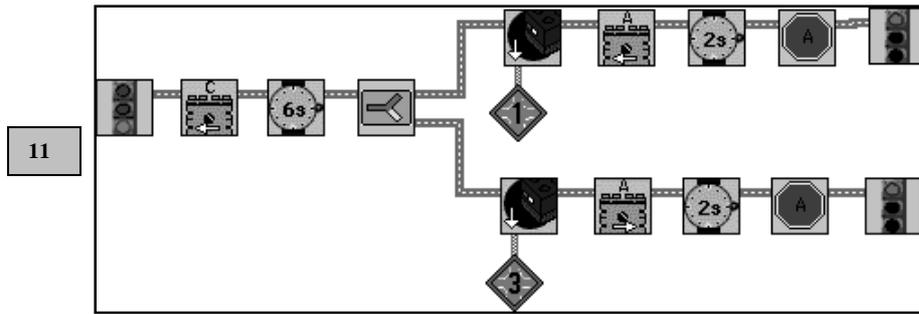
AGORA A OUTRA PARTE COM UMA TENTATIVA DE SENSORES SE O SENSOR VE MAIOR QUE 35 ELE VOLTA AO INICIO DESSA PROGRAMAÇÃO E TESTA DE NOVO, SE VER MENOR OU IGUAL A 35 PASSA A TESTAR O OUTRO SENSOR, QUE SE ESTIVER MENOR OU IGUAL A 39 FAZ A CURVA E DEPOIS TESTA DE NOVO SE ESTIVER MAIOR QUE 35 ELE ARRUMA AS RODAS, E SE VER MENOR OU IGUAL A 35 ELE VOLTA A REALIZAR OS TESTES, NO FINAL ELE PULA AO INICIO DESSA PROGRAMAÇÃO E COMEÇA TUDO DE NOVO!

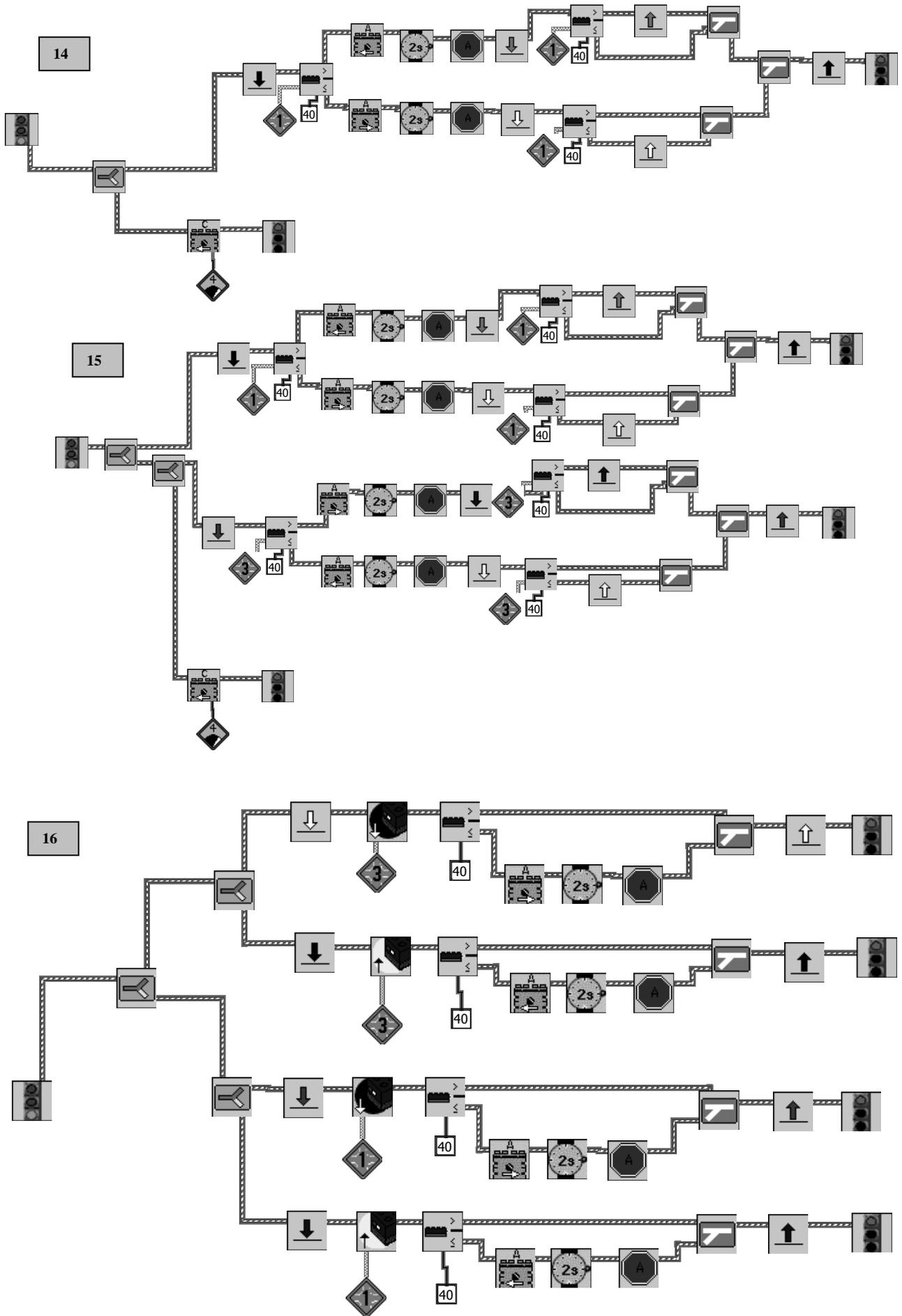


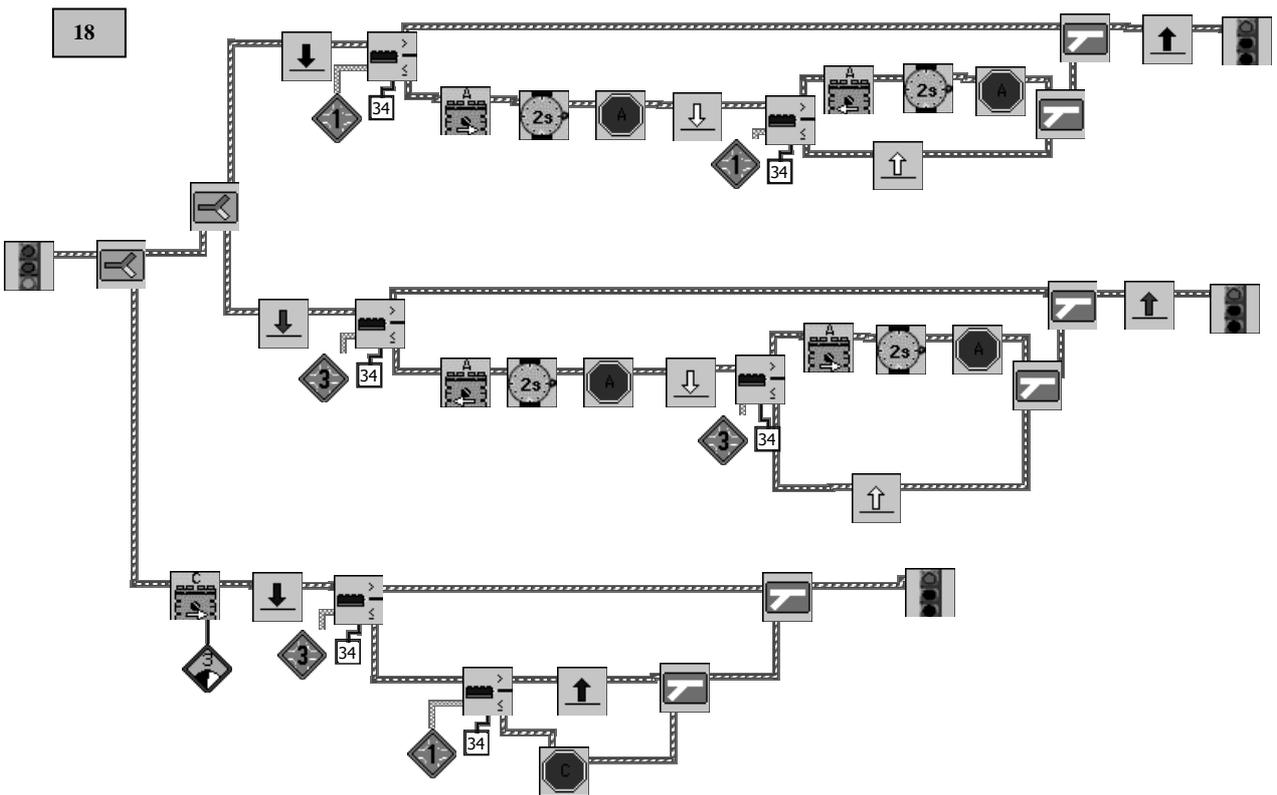
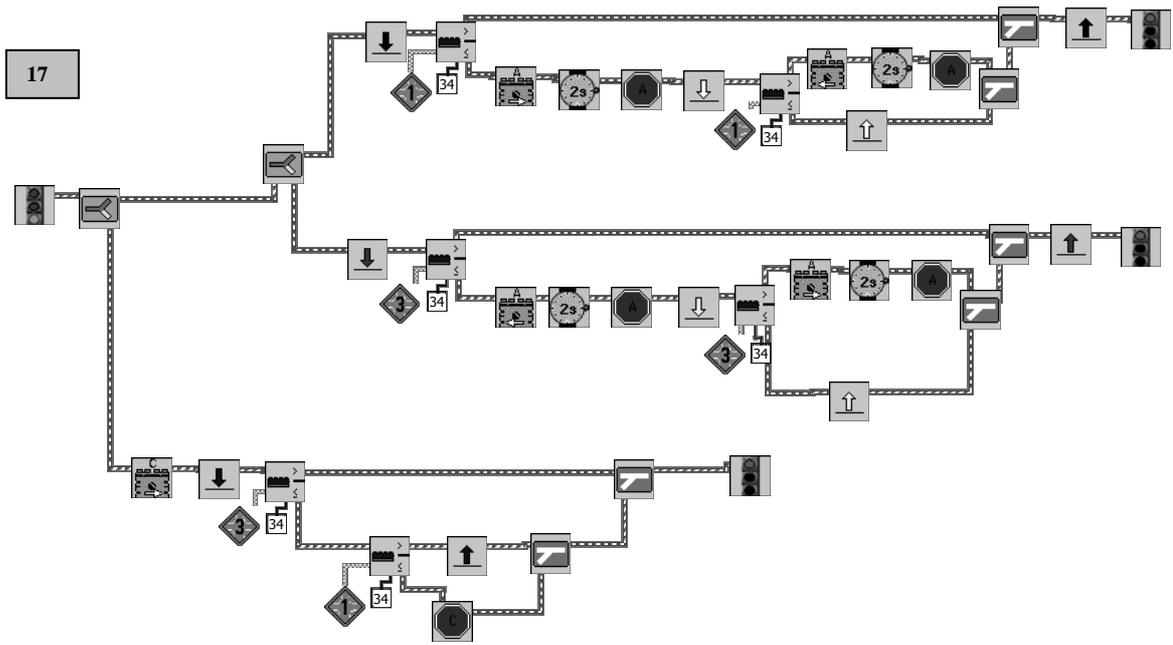
GRUPO A – “TurboCar” – Programa versão “Carro Bafo de Dragão”



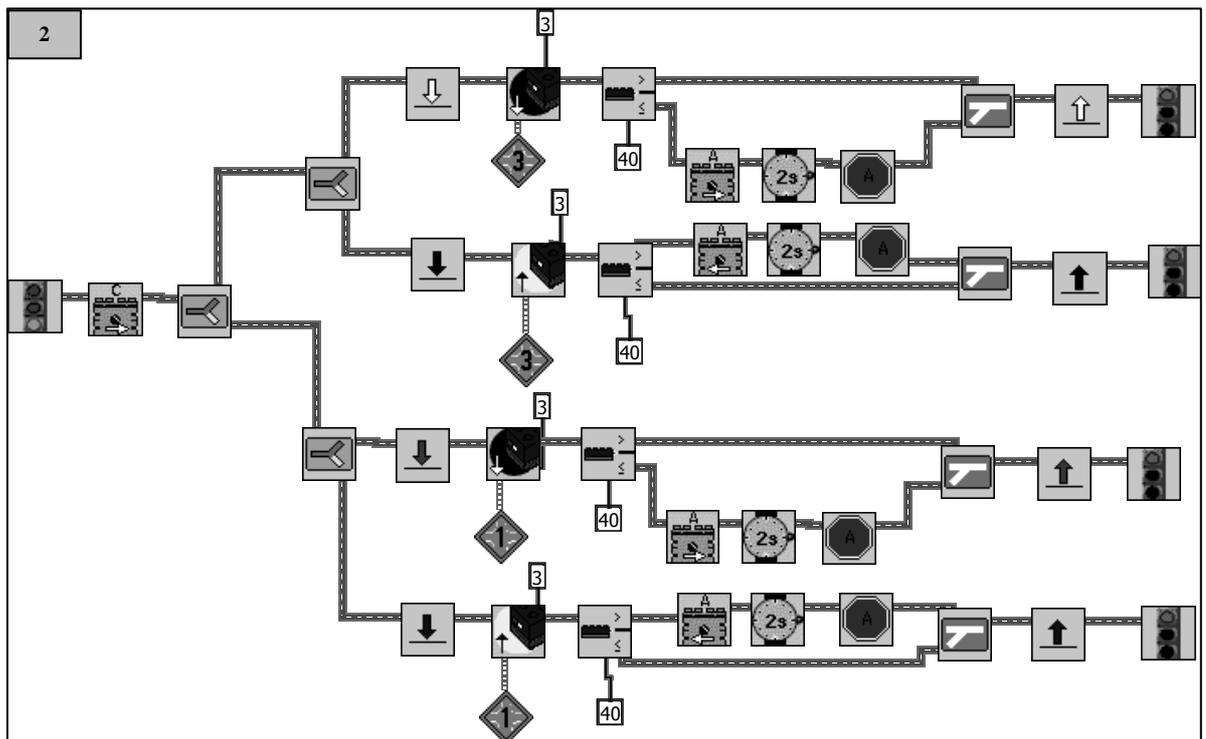
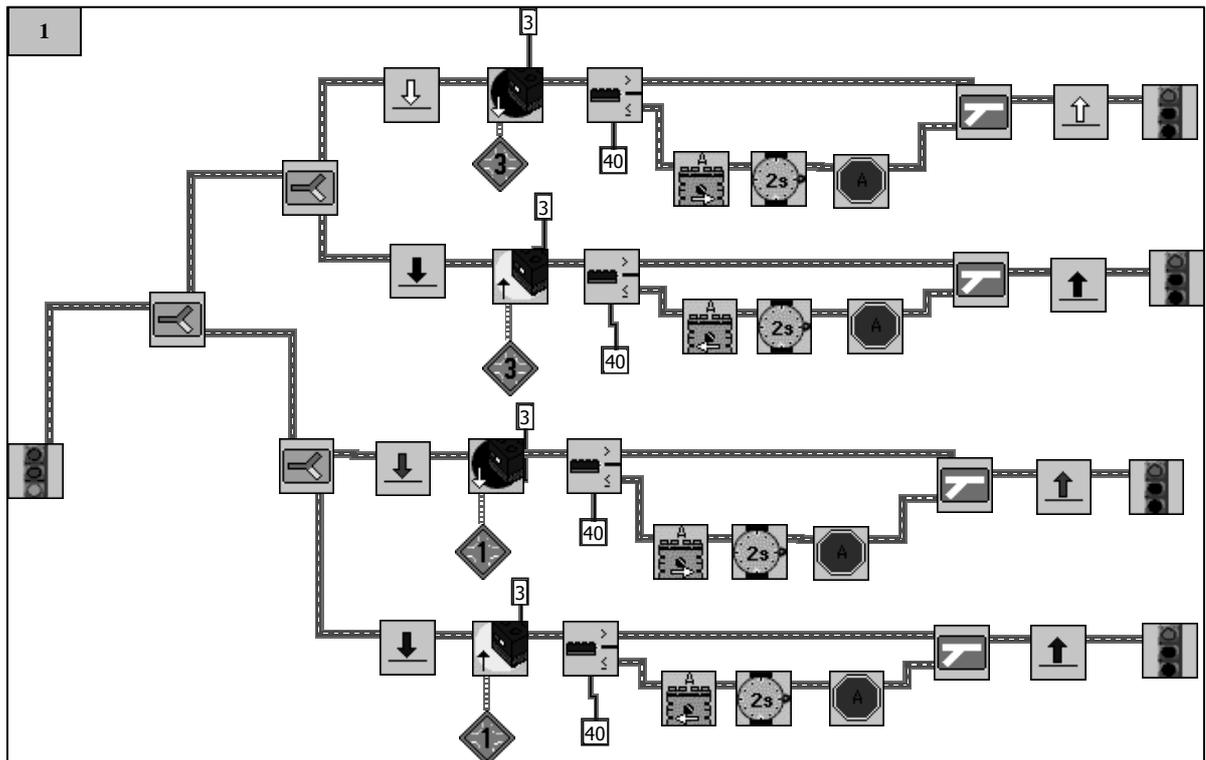


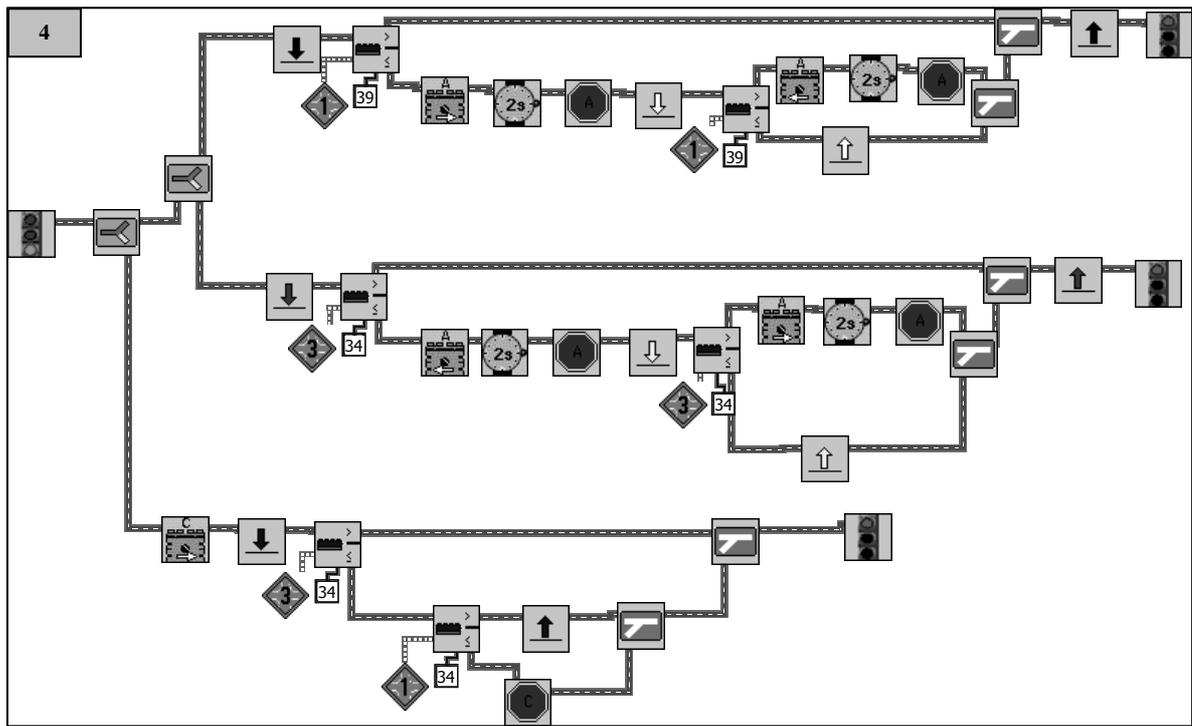
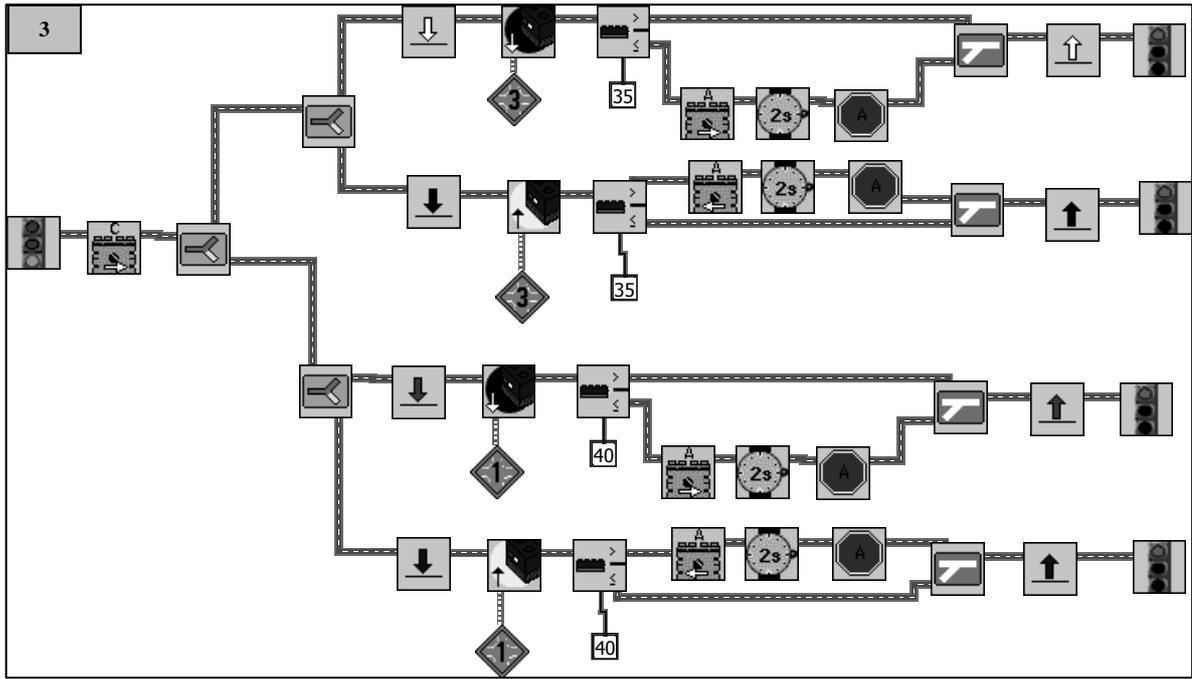


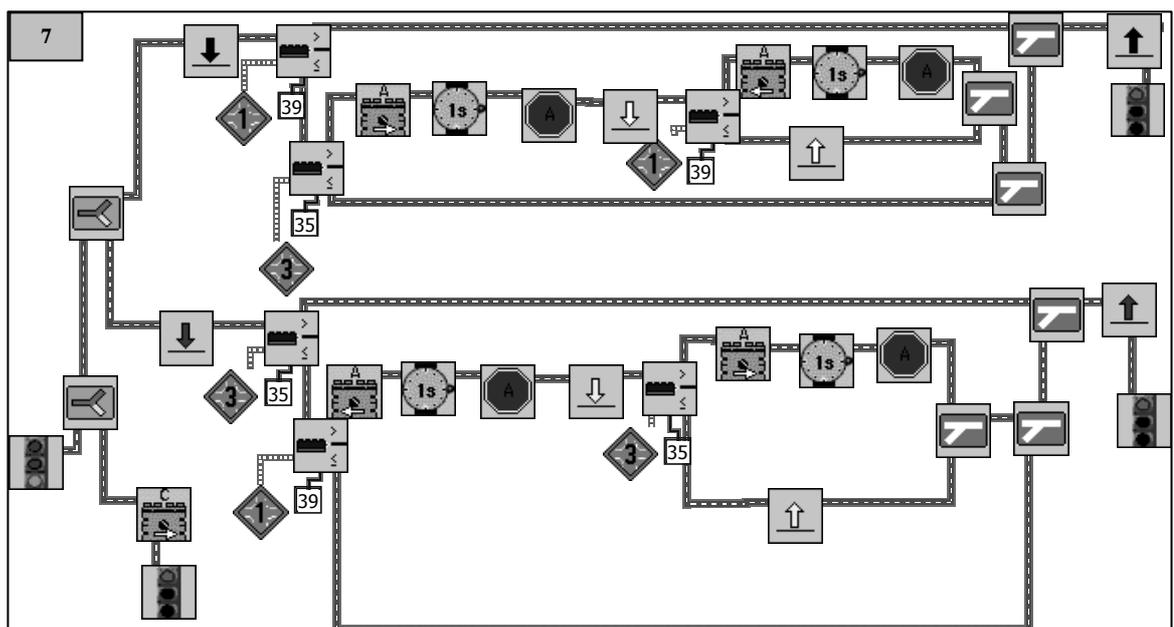
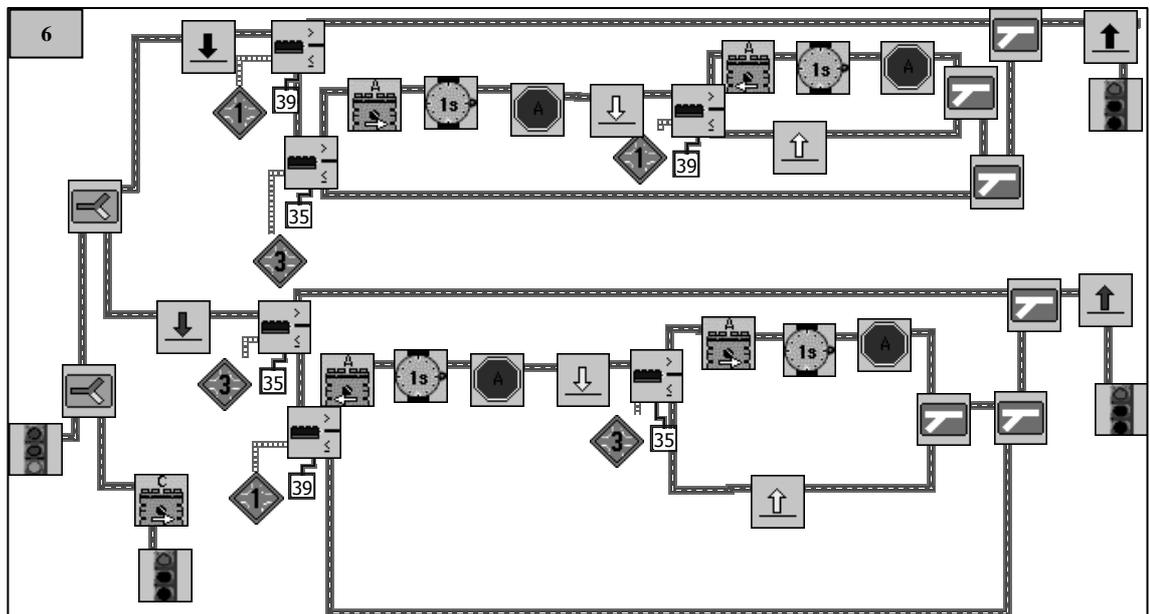
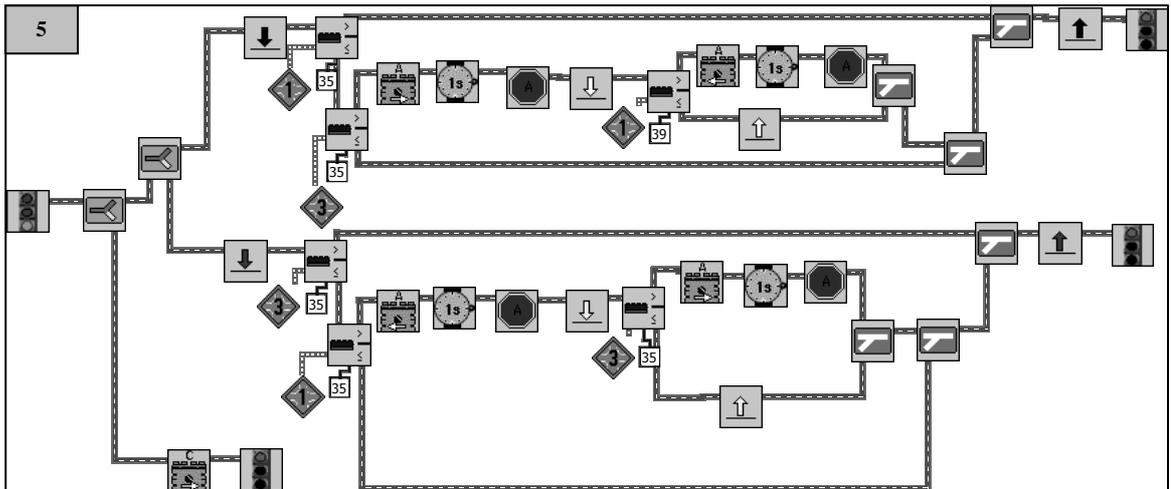




GRUPO A – “TurboCar” – Programas versão “Chevette”







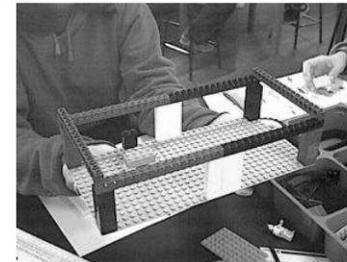
GRUPO B – “KzaViva”
Suj.: LET (13 anos), TAI (13 anos)
GRUPO B – “KzaViva” – Relatório (PPT)

Introdução

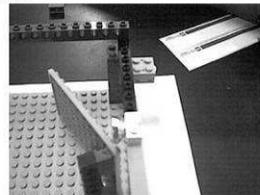
O nosso projeto começou em junho. O grupo tinha quatro integrantes. No final do projeto, só restavam duas integrantes.

O começo da kza

Primeiro, a casa era só um esqueleto...

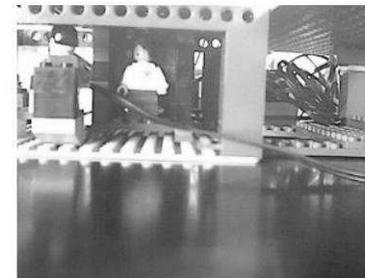


Nossa primeira idéia foi a de tocar uma campainha quando alguém pressionar o sensor de toque...

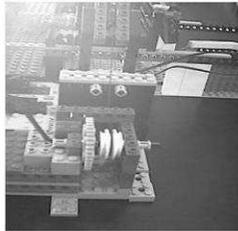


E uma porta que abre e fecha sozinha...

Depois, resolvemos colocar um elevador no lugar da escada.



O elevador funciona a partir de uma “garra” e um motor movido a duas engrenagens, uma pequena e uma grande.



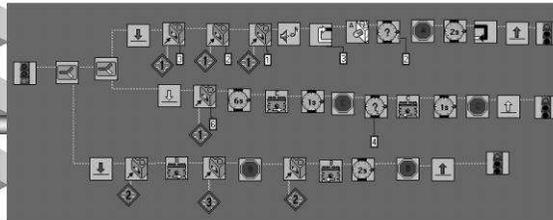
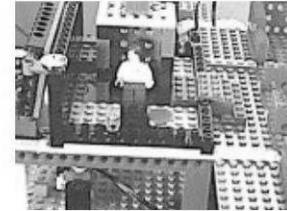
Engrenagens...



A garra...

Explicação do elevador

Ao apertar o sensor de toque, o elevador sobe. Ao tocar em outro sensor, ele para. Aperta-se então, o terceiro sensor, para o elevador descer.



Esse programa mostra todas as funções da Kza.

Na primeira linha - tarefa 1- ao apertar seis vezes o sensor 1, a campainha toca uma vez, a luz da porta A - do RCX -acende três vezes.

Na segunda linha, a porta da casa abre e fecha com um micro motor da porta C - do RCX – ao apertar seis vezes o sensor 1. Depois disto, espera-se seis segundos e a porta abre, depois de abrir espera-se um segundo e a porta fecha.

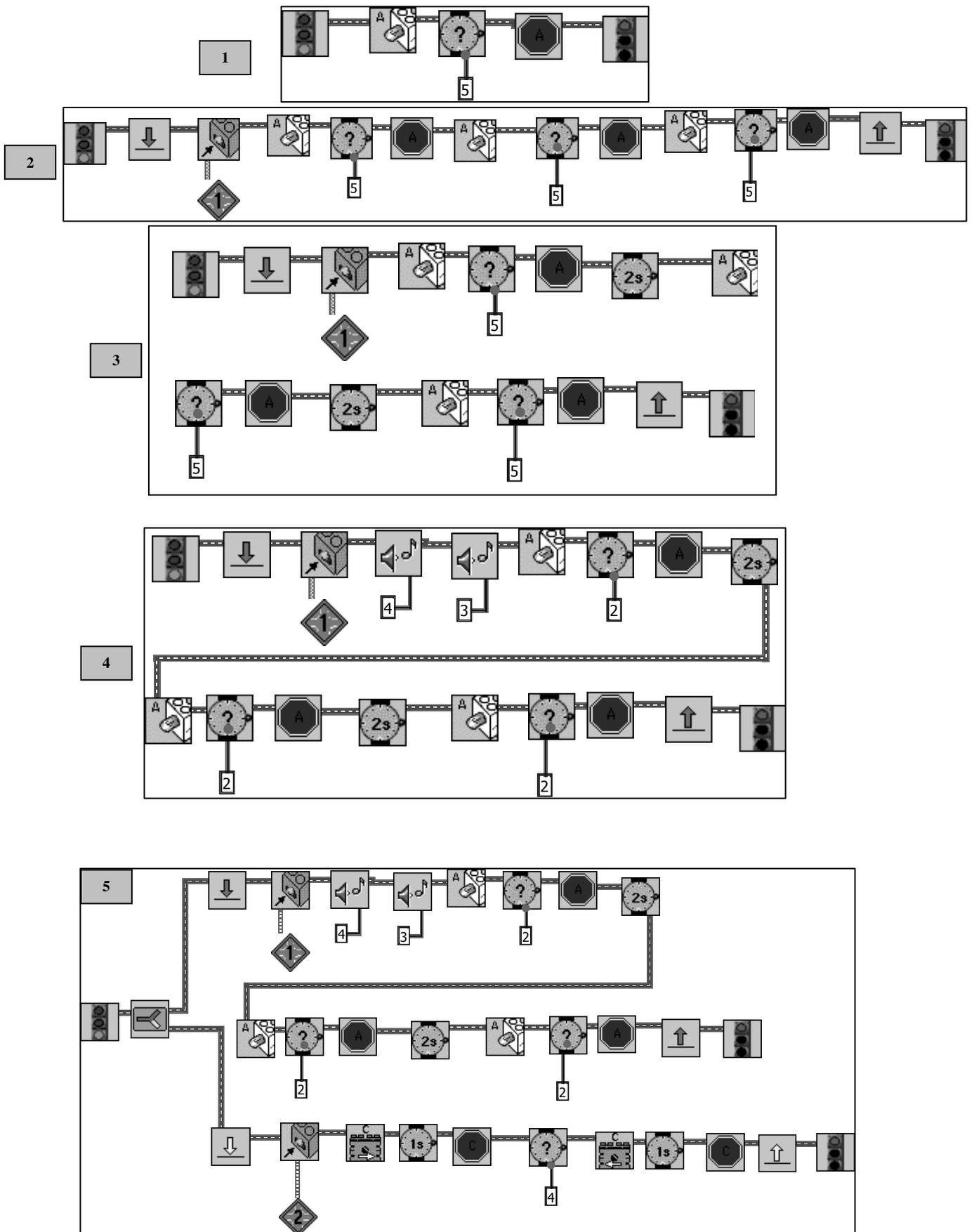
Na terceira linha, quando se aperta o sensor 2, o elevador sobe até que com uma alavanca movida pelo próprio elevador acione o sensor 3 e 'avise' que chegou e assim para, ao apertar novamente o sensor 2 o elevador desce novamente, depois de dois segundos ele para.

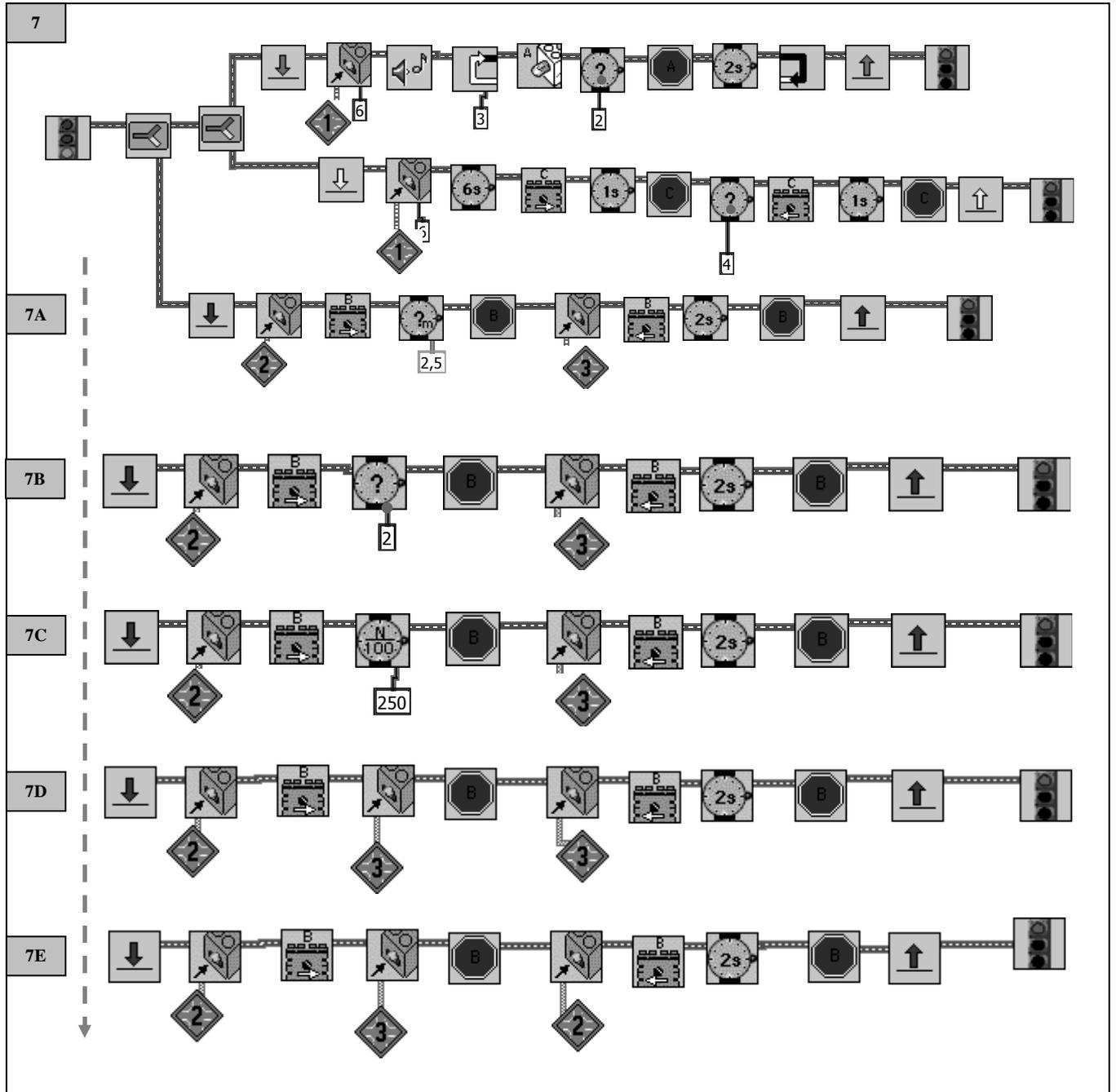
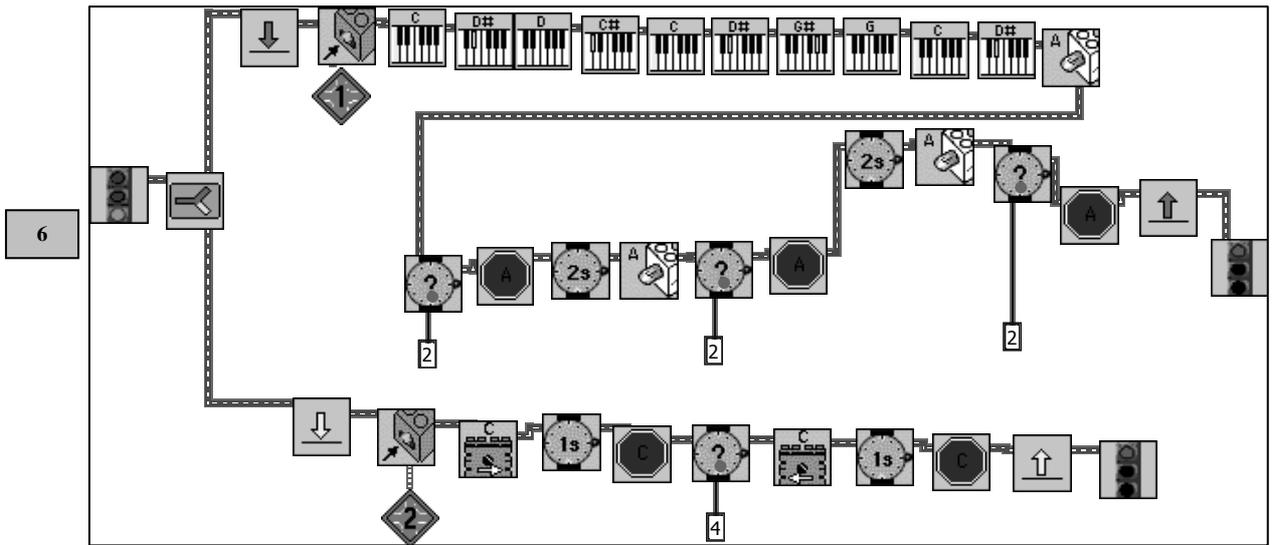
Conclusão

Nós concluímos que fazer a kza foi uma experiência muito interessante e educativa.

Foi bom fazer esse trabalho porque a gente aprendeu muita coisa como: funciona um elevador, que para uma engrenagem girar devagar é preciso que tenha uma grande e uma pequena,...

GRUPO B – “KzaViva” – Relatório (PPT)





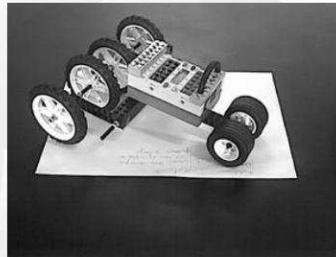
GRUPO C – “Car to Night”

Suj.: REN (12 anos)

GRUPO C – “Car to Night” – Relatório (PPT)

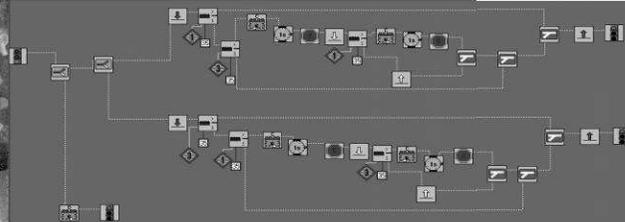
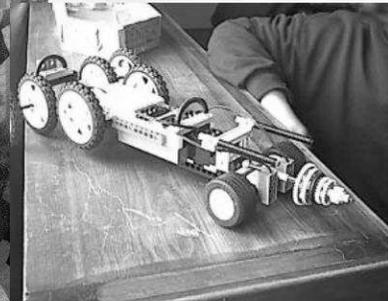
Primeira Versão

- No começo nosso carro não fazia nada pois nós não conhecíamos para que serviam os motores, o RCX e os sensores.
- Reparem como o carro não tinha nenhum motor nenhum sensor.



Segunda Versão

- Depois nós fomos aprendendo as funções dos motores, do RCX e dos sensores de luz e de toque .

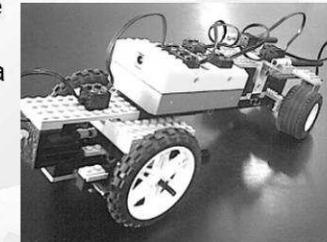


Ai esta a programação do carro pronto

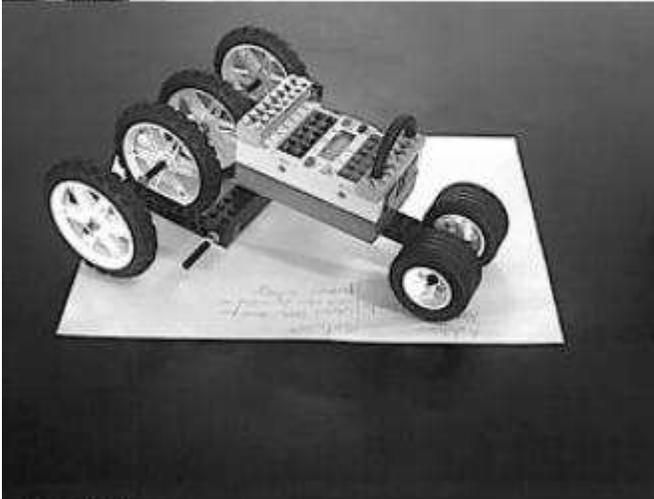
Começa a programação com o motor girando(fazendo com que o carro ande) , depois os sensores ficam verificando o tempo todo se estiver escuro(< 35) as rodas da frente fazem a curva quando esse sensor voltar para o claroas rodas voltam para o normal e o carro fica fazendo isso repetidamente.

Terceira Versão

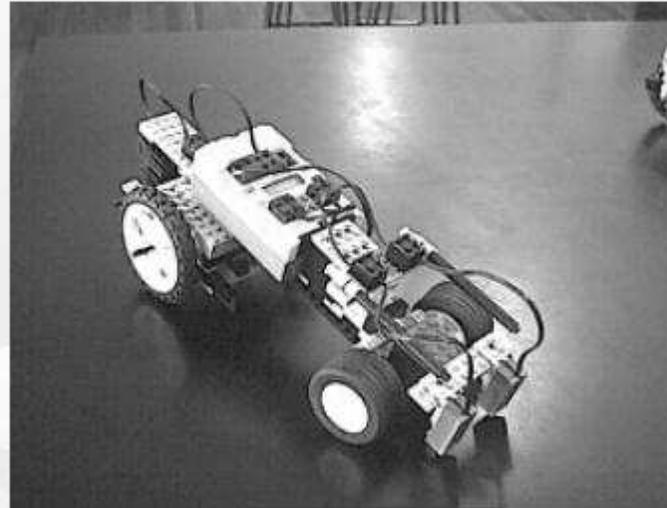
- A ultima versão que teve de ser modificada pois era muito grande para fazer as curvas .



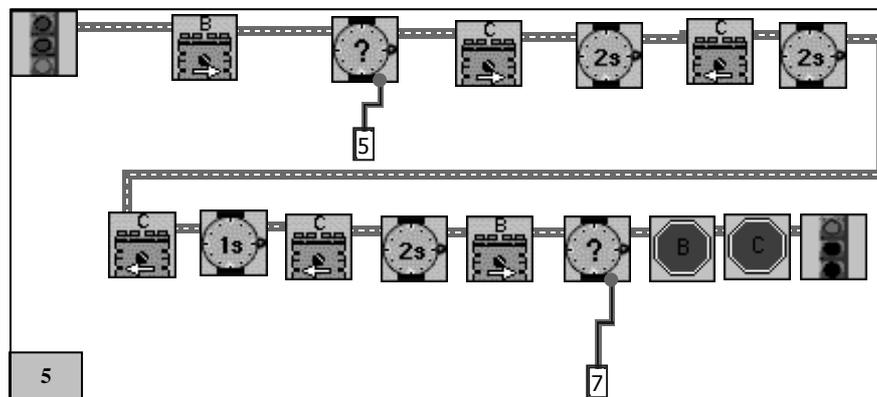
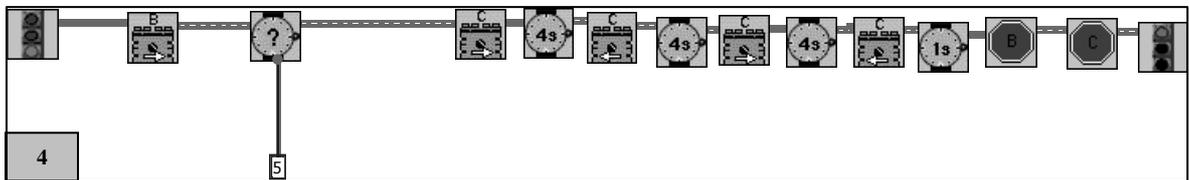
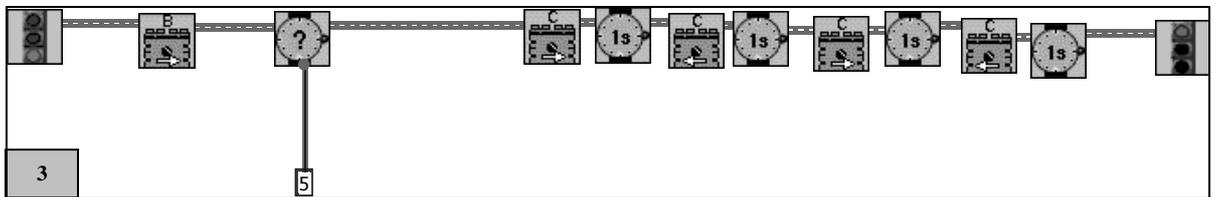
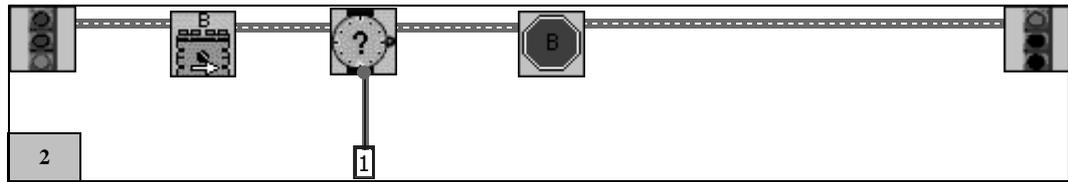
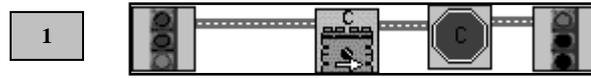
ANTES



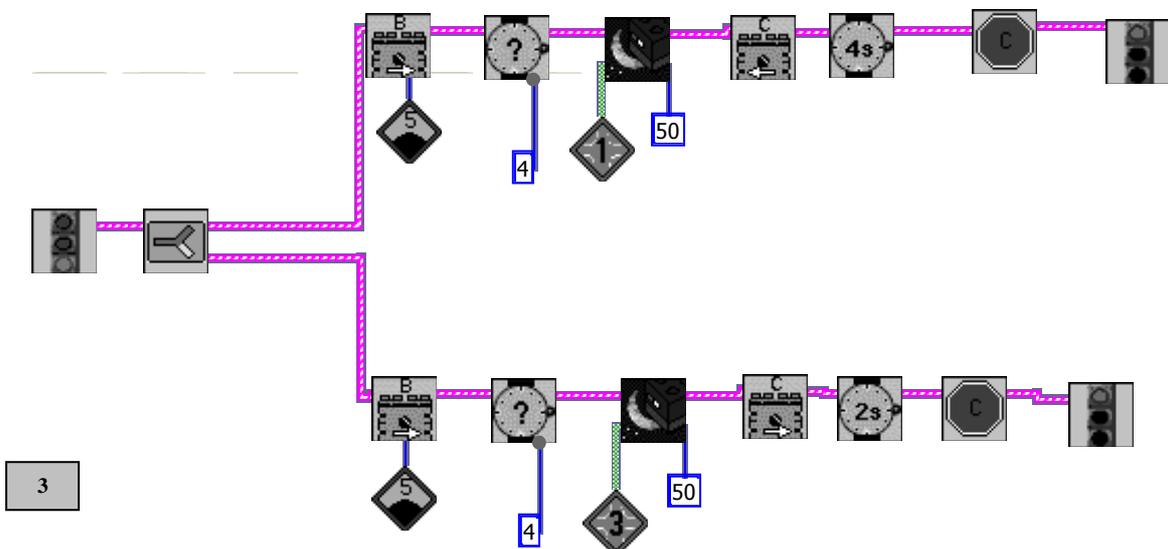
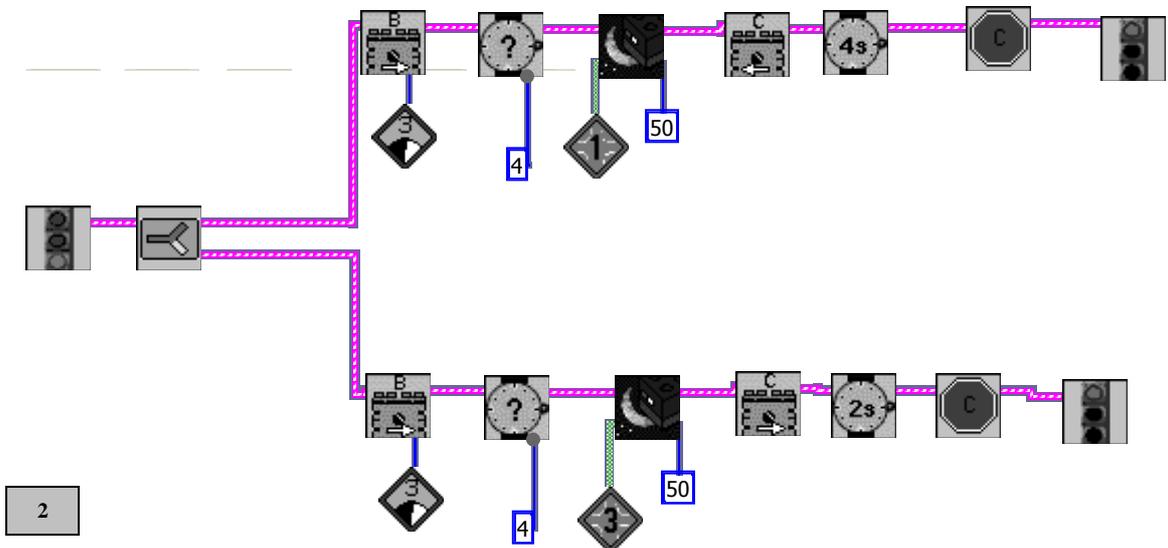
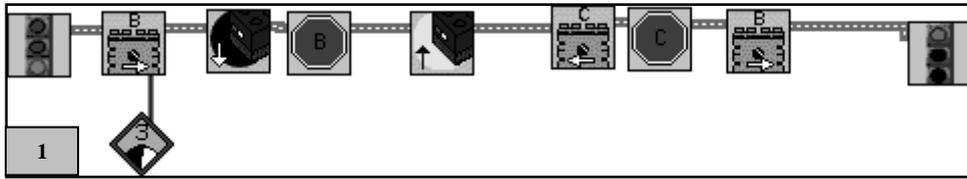
DEPOIS

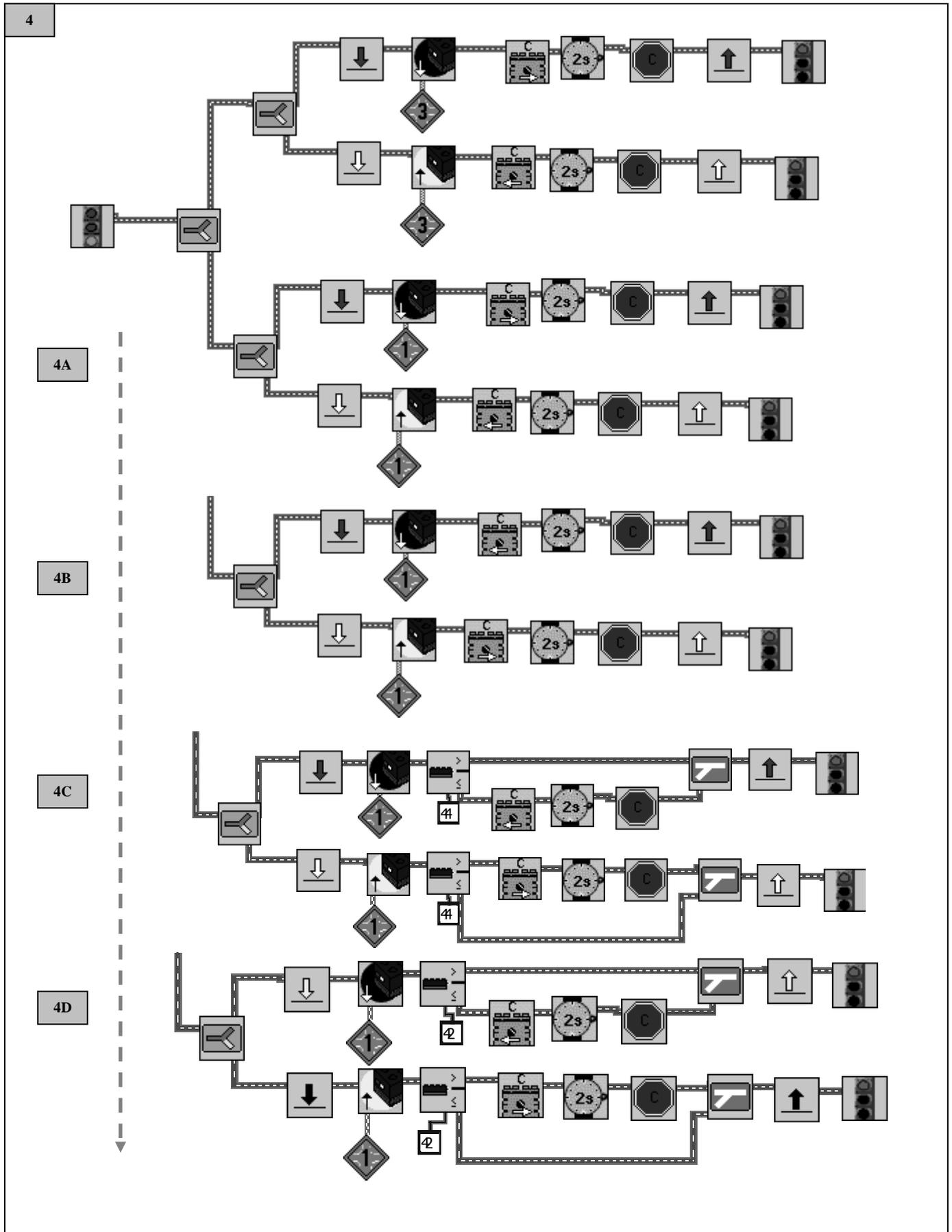


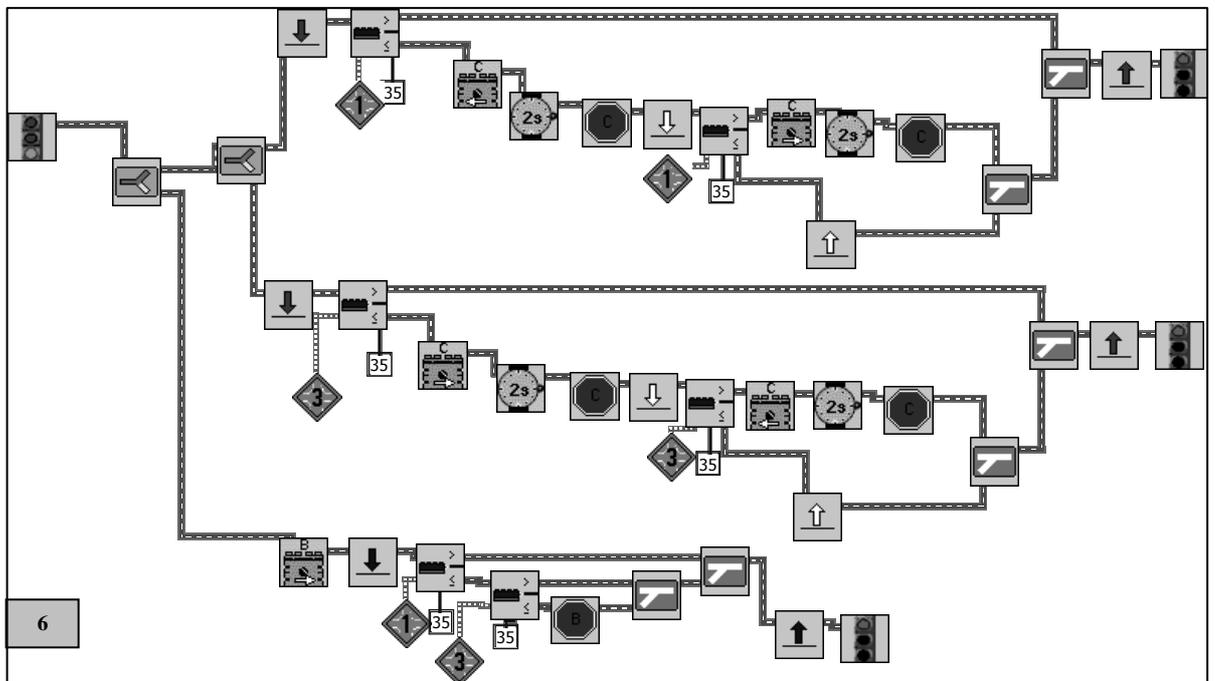
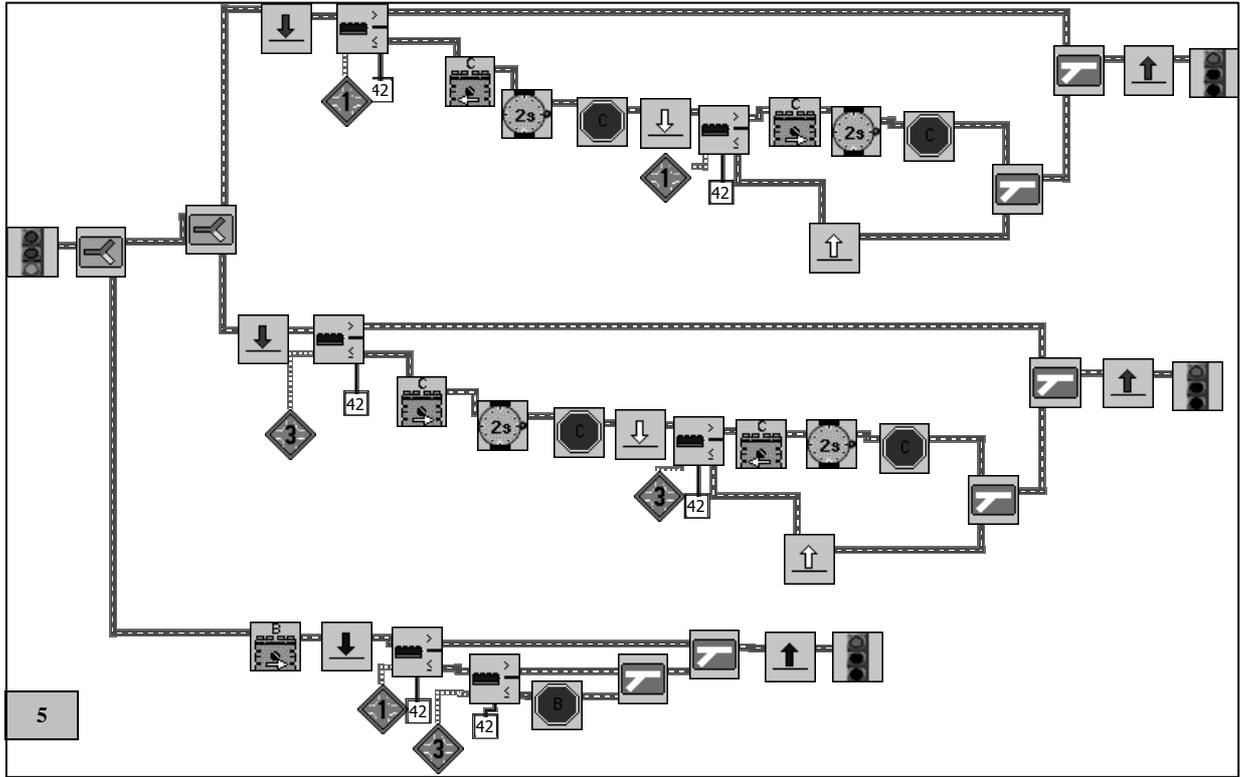
GRUPO C – “Car to Night” – Programação inicial



GRUPO C – “Car to Night” – Programação avançada







G – Projetos Diversos IV

OFICINA DE ROBÓTICA EDUCACIONAL

PROJETOS DIVERSOS

Duração:
Abr. a Jun./2006
12 semanas
36h

SUJEITOS:

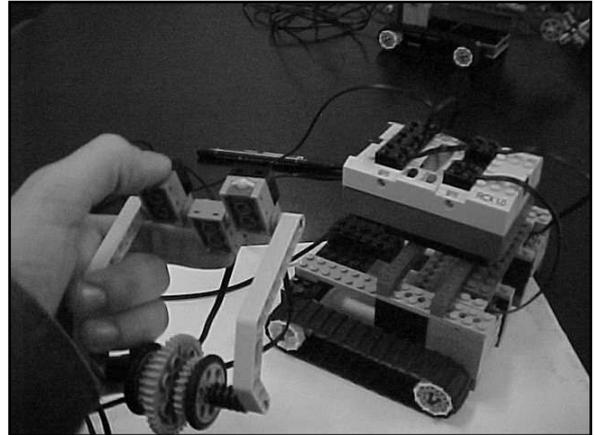
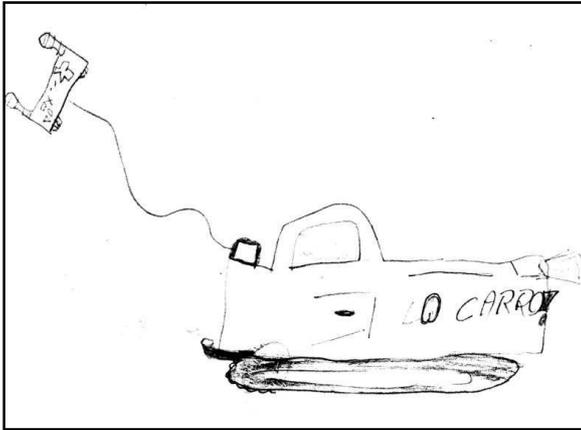
Alunos E.F.
5ª e 7ª série

Idades:
10 a 13 anos

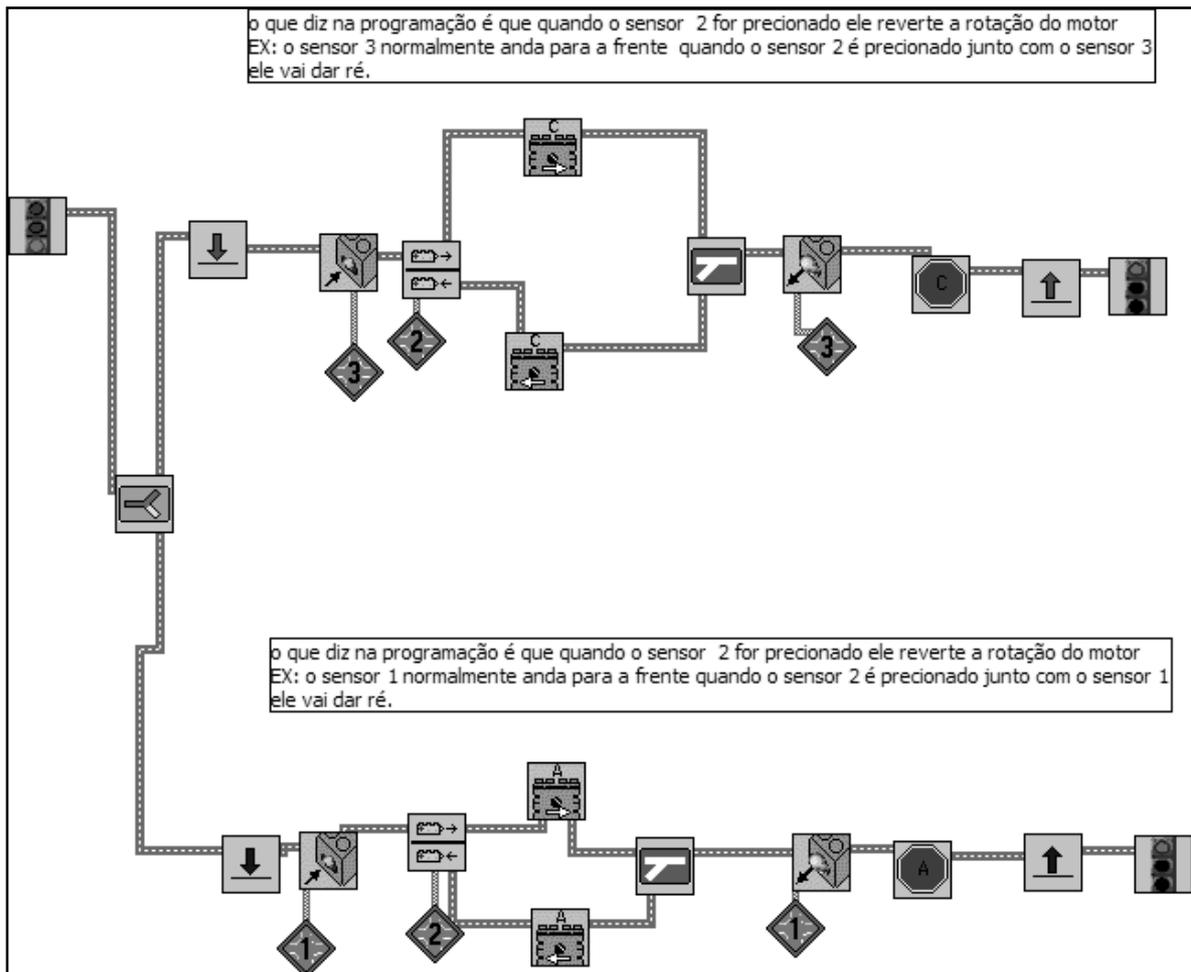
GRUPO A – “Tank”

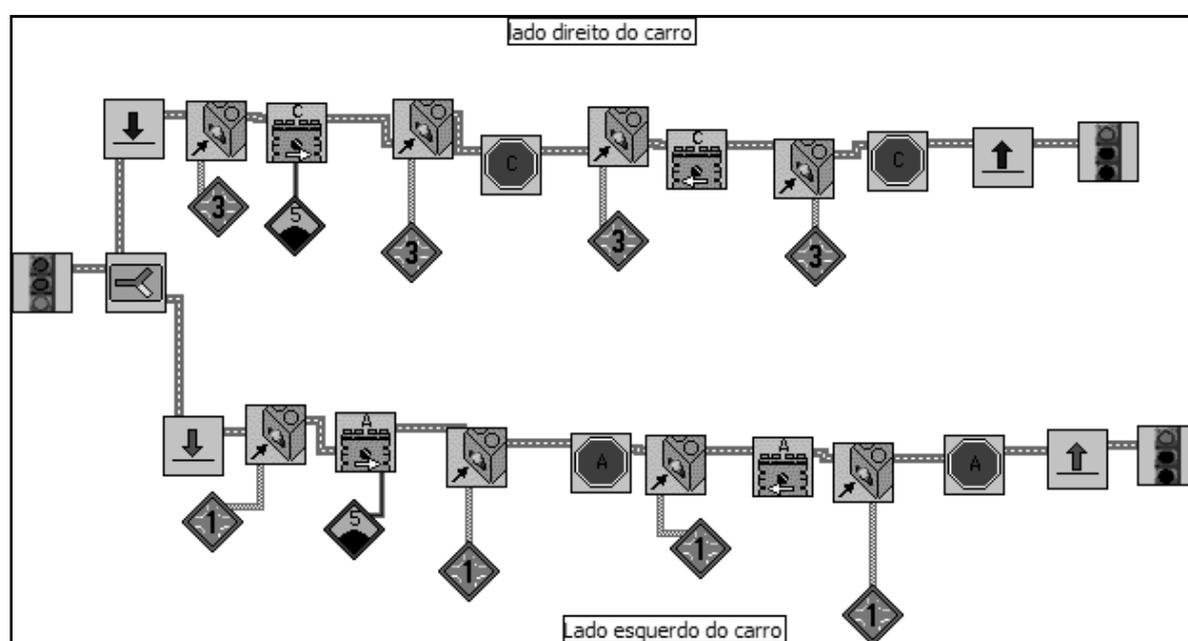
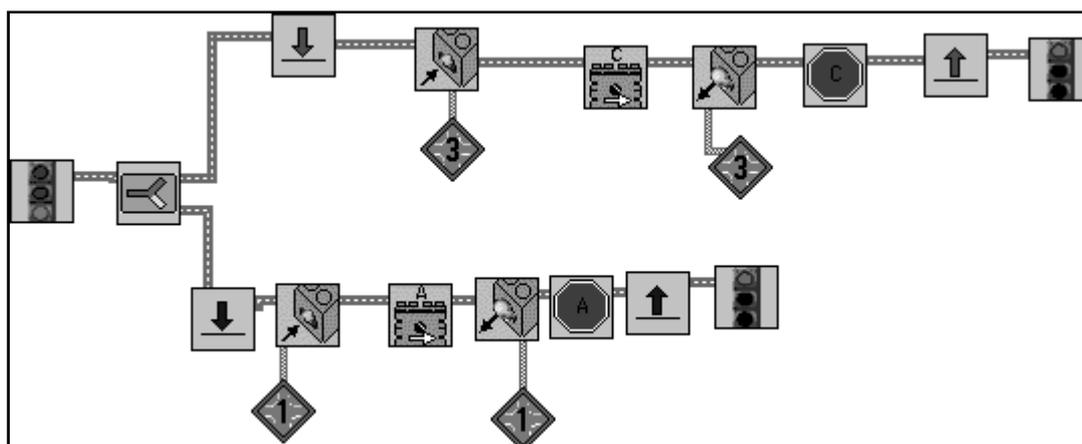
Suj.: REN (12 anos), THI (12 anos), GIO (12 anos), THA (13 anos)

GRUPO A – “Tank” – Desenho

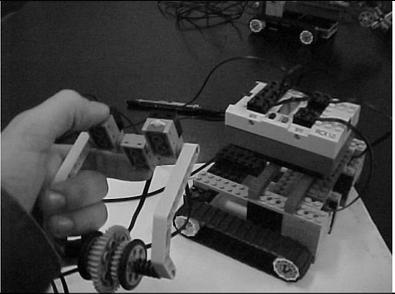
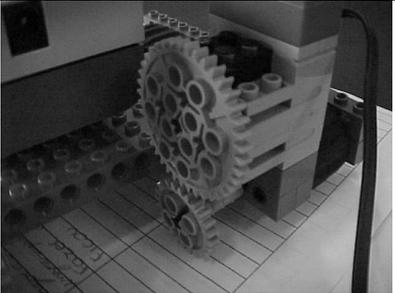
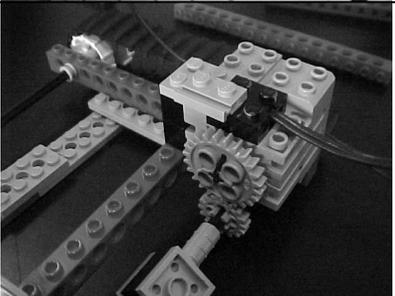


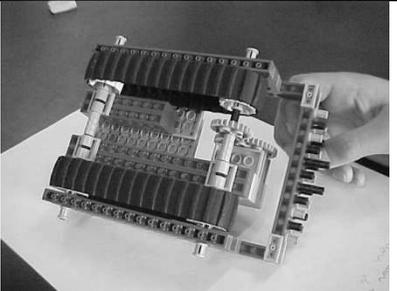
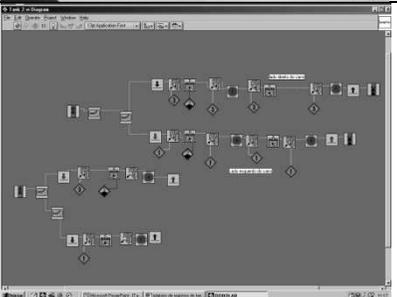
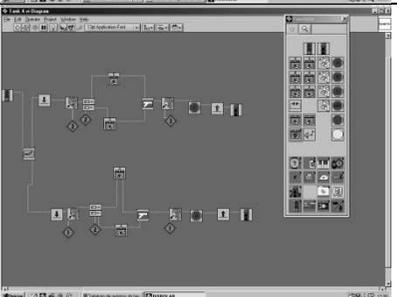
GRUPO A – “Tank” – Programação





GRUPO A – “Tank” – Relatório

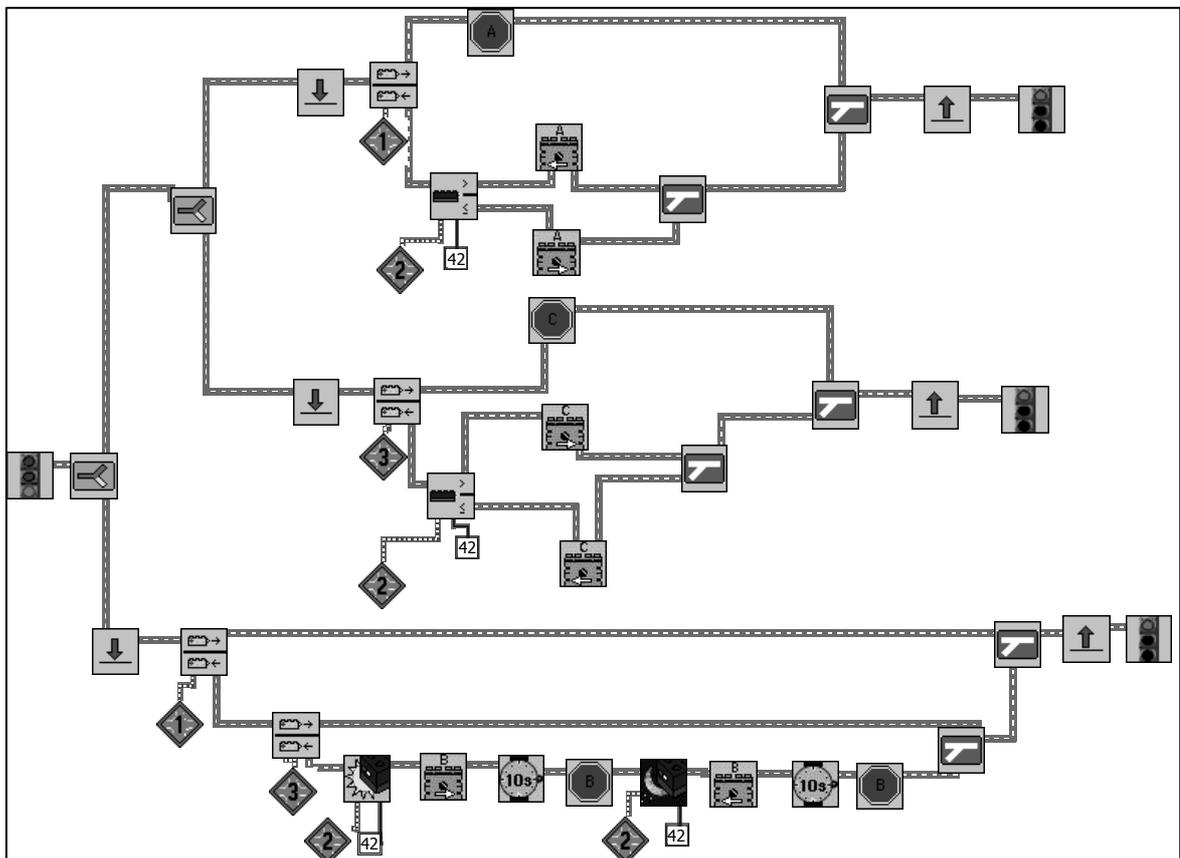
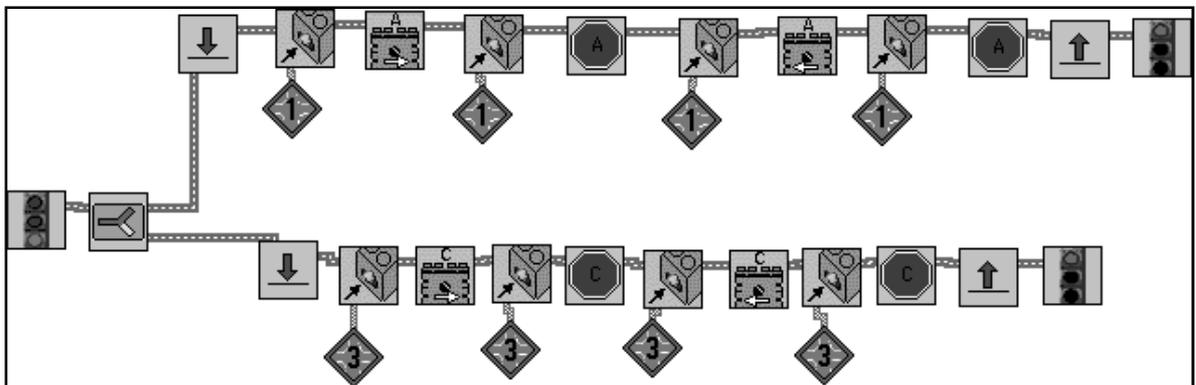
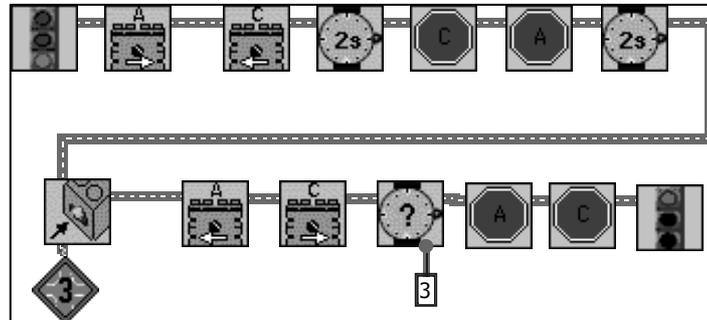
DATA/HORA	QUESTÃO/PROBLEMA	HIPÓTESE/ SOLUÇÃO	RESULTADO	FOTOS
19/04/2006 10:51	Fazer um carro com controle remoto		Deu certo	
19/04/2006 11:12	Fazer a engrenagem da roda encaixar na engrenagem do motor para andar	Aumentar a altura do carro para a engrenagem encaixar	Deu certo	
28/04/2006 10:45	O eixo da engrenagem esta entortando	Diminuir o tamanho do eixo	Não deu certo	

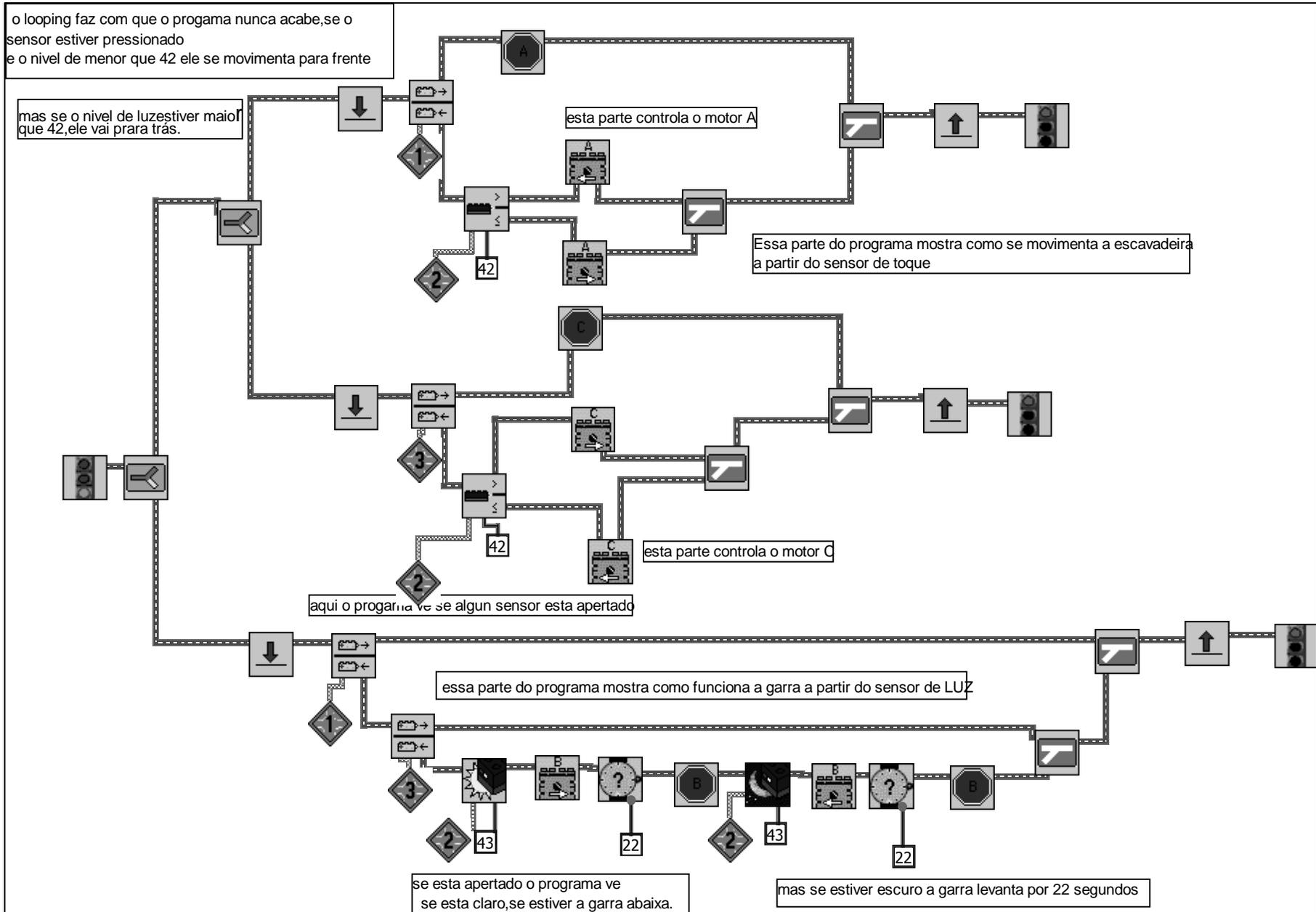
03/05/2006 11:48	O eixo da engrenagem esta entortando	Remodelar o projeto Juntar o eixo fazendo com que eles não girem juntos	Deu certo	
10/05/2006 10:16	Programar o carro fazendo ele andar pra frente pra trás e pros lados.	Ir ao robotlab e fazer tudo isso	Deu certo!	
17/5/06	Fazer o controle remoto controlar o carro com mais facilidade	Botar mais um sensor de toque ficando ao todo três, atualizar a programação	Deu certo	

GRUPO B – “Escavadeira”

Suj.: REO (12 anos), WIL (12 anos), DIE (12 anos)

GRUPO B – “Programação”





GRUPO B – “Escavadeira” – Relatório

Robótica grupo B

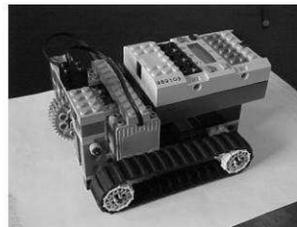
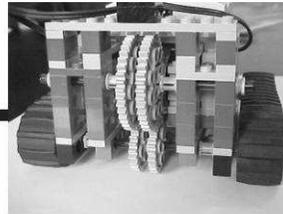
A principio nós queríamos construir uma escavadeira que levantasse objetos. Porém nosso professor disse que só teríamos dois motores.



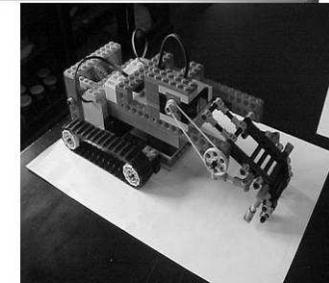
A nossa garra ficou assim, mas ela não poderia levantar objetos, somente puxar.



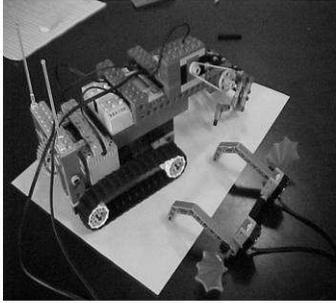
No início nosso projeto ficou assim, mas ele ainda estava sem a garra. →



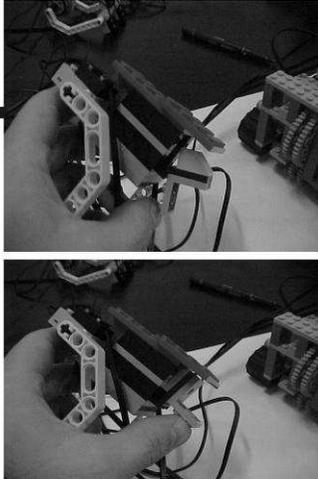
Após botar a garra, a escavadeira ficou assim →



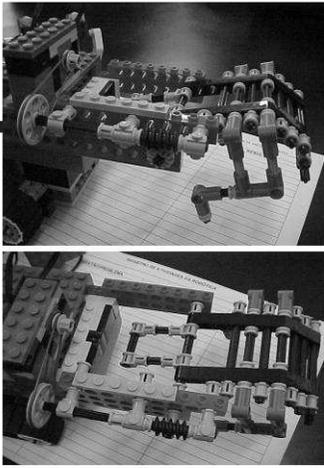
Para podermos controlarmos a escavadeira fizemos o controle que ficou desse jeito → → →



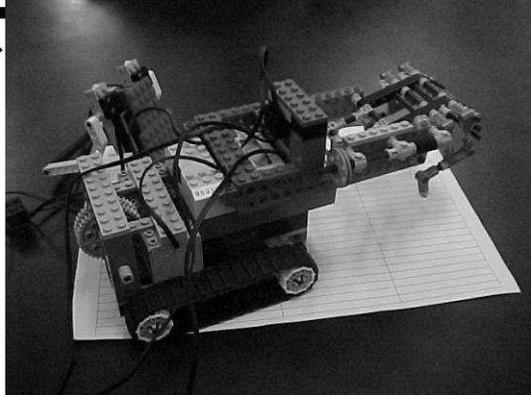
Mesmo assim o controle estava muito confuso e difícil de controlar, para resolver esse problema usamos um sensor de luz para movimentar a garra. →



Finalmente o testamos, porem havia dois problema, a garra levantava muito devagar, na hora de descer ela caia e o elástico ficava "patinando". Então resolvemos mudar o sistema de transmissão.

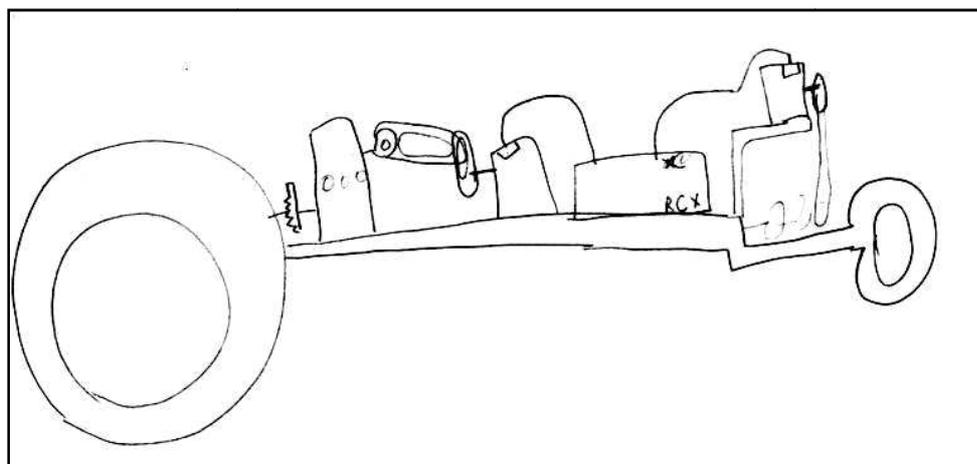
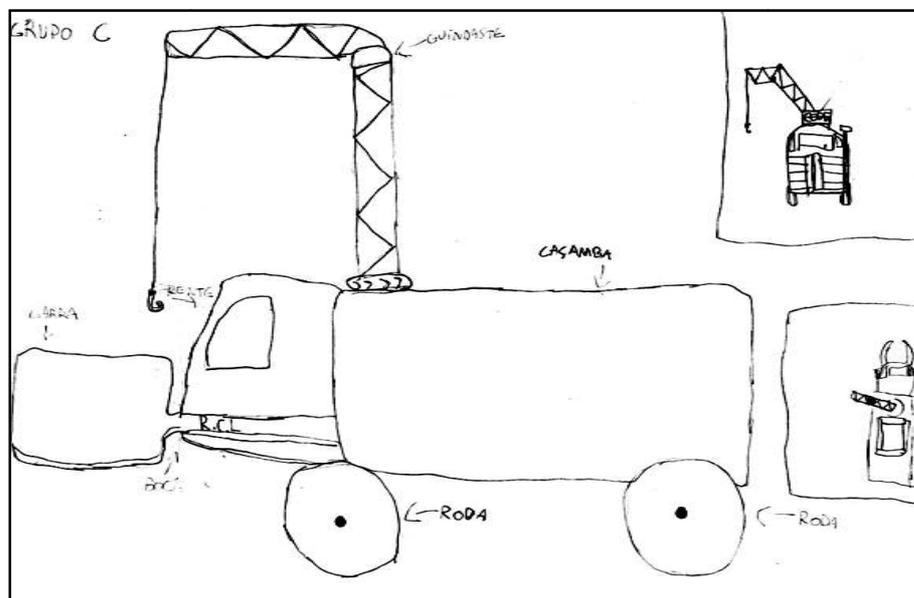


Assim a escavadeira ficou pronta →→→→



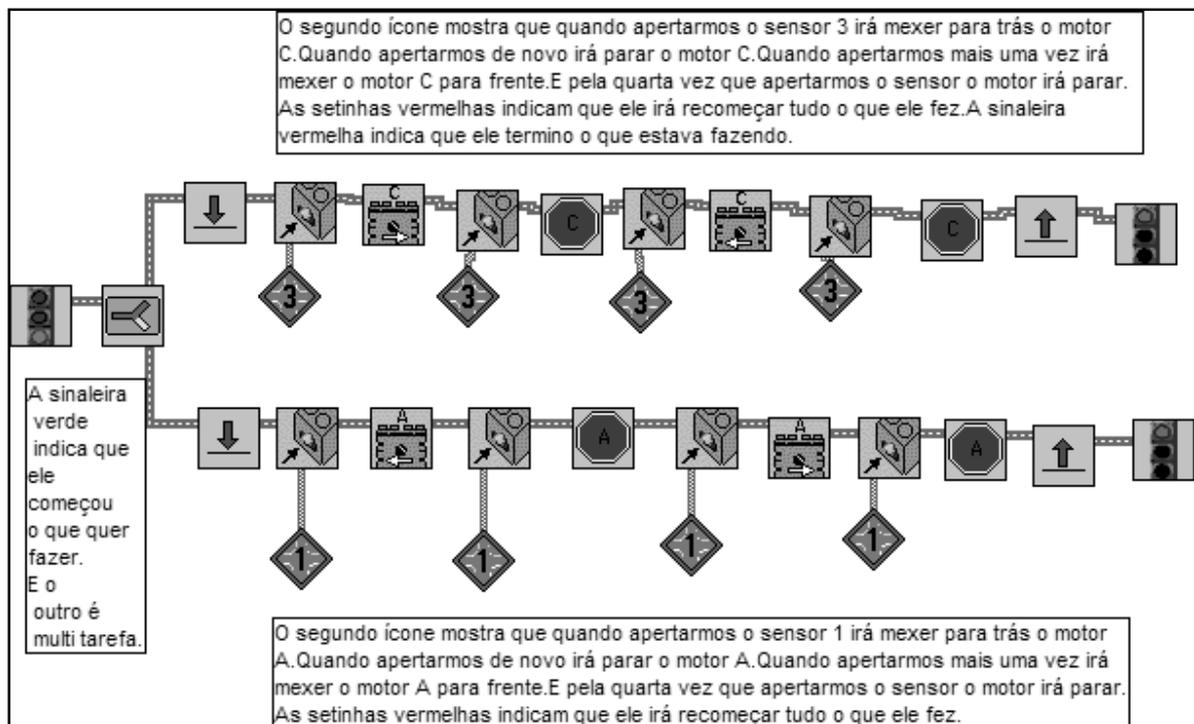
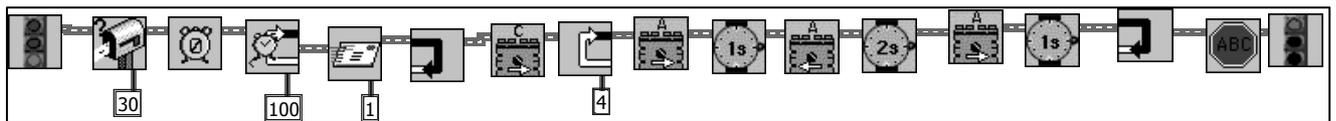
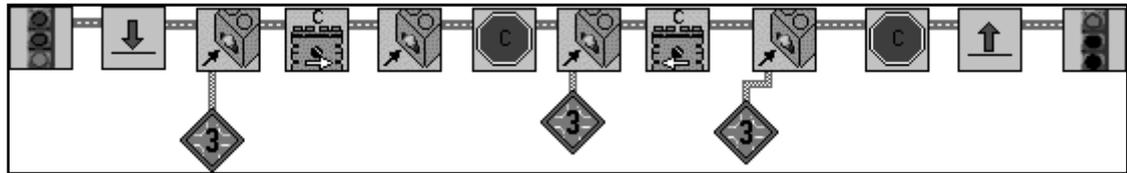
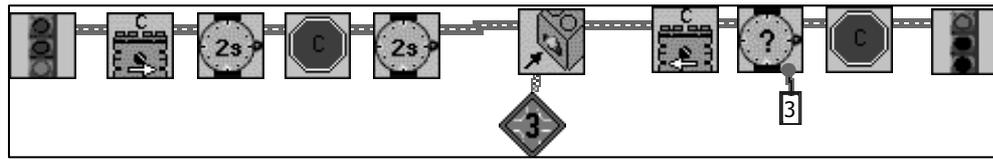
GRUPO C – “Carro”

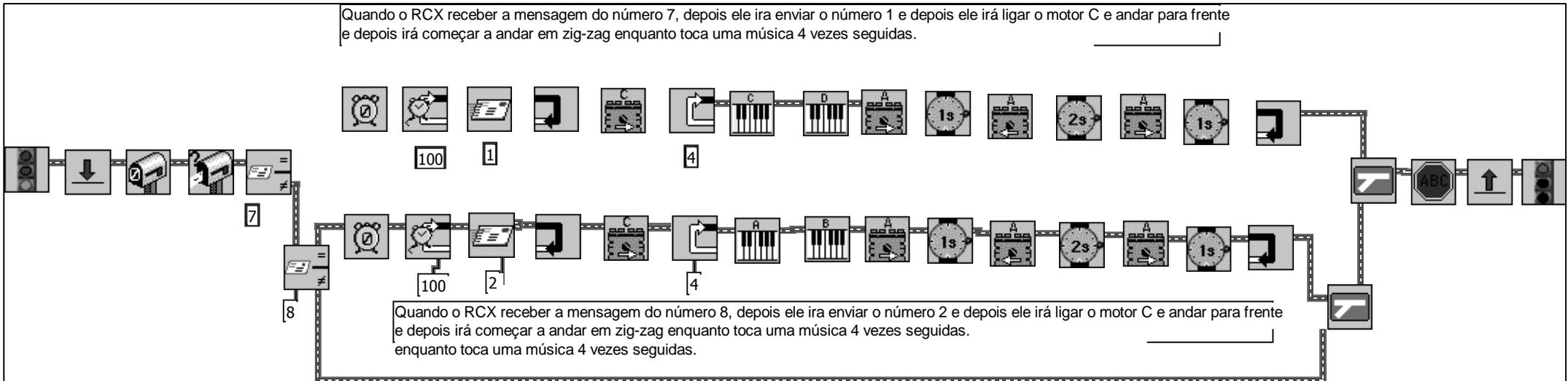
Suj.: EDU (10 anos), LUC (10 anos), PAO (10 anos)

GRUPO C – “Desenhos”

desenho realizado após a construção do protótipo

GRUPO C – “Programação”





GRUPO C – “Relatório”

Grupo C

Nosso grupo teve muitas dificuldades:

- ✓ *Deixa-lo mais rápido;*
- ✓ *Melhorar a estrutura do robô;*
- ✓ *Deixa-lo mais resistente;*
- ✓ *Fazer ele andar para todas as direções;*
- ✓ *E outras coisas ...*



Também tivemos desafios que o professor pediu:

- ✓ *Programar o nosso robô para ir para frente 2seg. Parar 2 seg. e ir para trás 3 segundos;*
- ✓ *Programar o nosso robô para ir para frente quando apertássemos, quando apertássemos de novo ele iria parar, quando apertássemos de novo ele ia para trás e repetia o processo;*
- ✓ *Programar o nosso robô para ele ir para frente, para trás, pros lados e parar quando a gente aperta-se;*

H – Projeto “Casa Music 7.5”

OFICINA DE ROBÓTICA EDUCACIONAL

PROJETOS DIVERSOS

Duração:
Abr. a Mai./2006
8 semanas
24h

SUJEITOS:

Alunos E.F.
7ª série

Idades:
12 anos

GRUPO B – “Casa Music”

Suj.: RAF (12 anos), DAN (12 anos), FLA (12 anos)

GRUPO B – “Casa Music” – Relatório

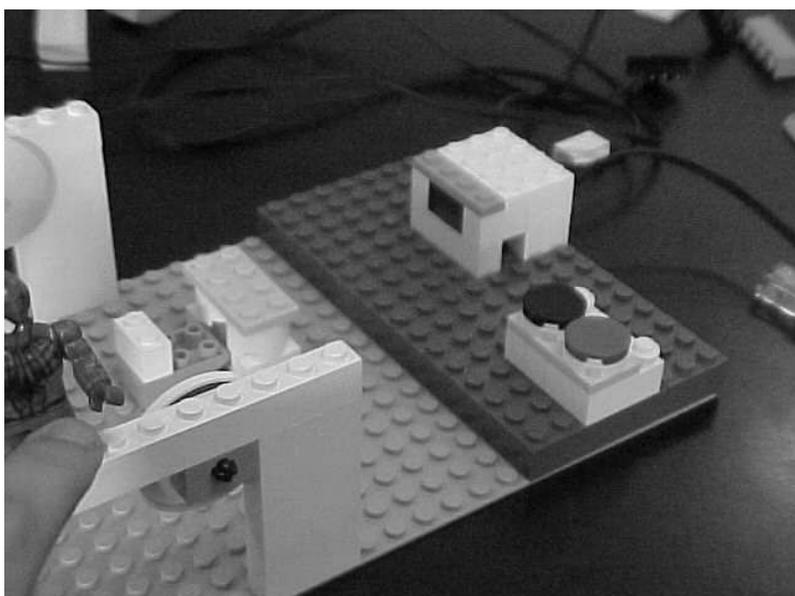
Registro de Atividades da Robótica

Data e Hora	Questão ou Problema	Hipótese ou Solução	Resultado
03:25 – 05/04/06	Como fazer o elevador	Desistimos de fazê-lo	Falta de Espaço
02:42 – 10/04/06	Como fazer uma escada rolante	Usar esteiras, motor e deixar um pouco inclinada.	Ótimo!
03:10 – 10/04/06	Como fazer o sistema de segurança.	Não vamos fazer.	
2:17 - 17/4	Fazer um CD-player	Usar um sensor de luz e vários discos coloridos (cada cor um bip diferente)	Deu certo.
2:20 – 17/04	Como fazer a TV	Colocar uma lâmpada atrás de um tijolo transparente.	
2:40 – 17/04	Como fazer a churrasqueira.	Mesmo sistema da TV.	
2:41 – 17/04	Como fazer a escada rolante ligar e desligar.	Colocar um sensor de toque no andar de cima e de baixo para ele passar por cima e acionar o sensor.	
2:20 – 19/04	Como funciona a casa.	Quando ele coloca um disco no CD-player o CD-player toca e a lareira acende. Quando ele quer subir a escada, ele bate no sensor de toque e a escada sobe, o CD-player desliga e a lareira apaga.No andar de cima ele bate no sensor de toque e a escada para.Quando ele quer ver TV ele coloca uma peça na frente do sensor de luz, para desligar a TV ele retira a peça.Para descer ele bate no sensor de toque de cima e a escada desce depois ele bate no sensor de toque de baixo e a escada para.	

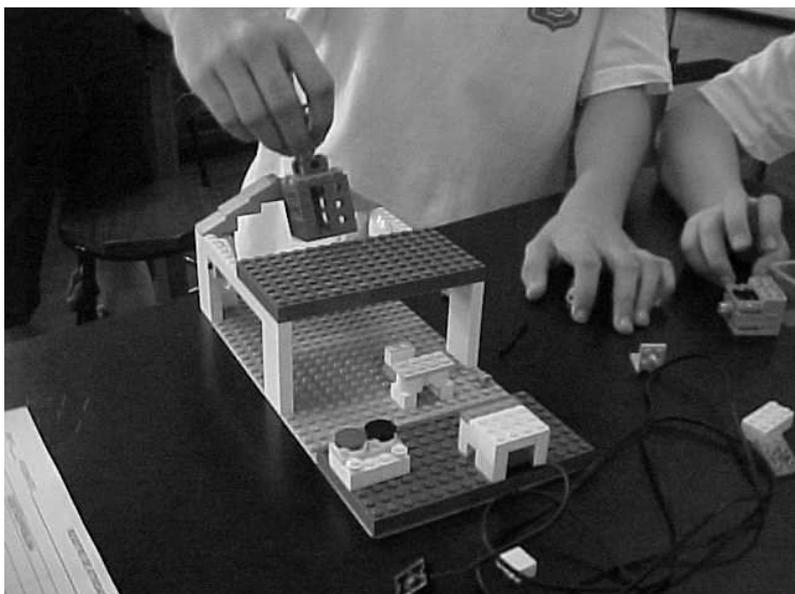
Casa_Music_7.5



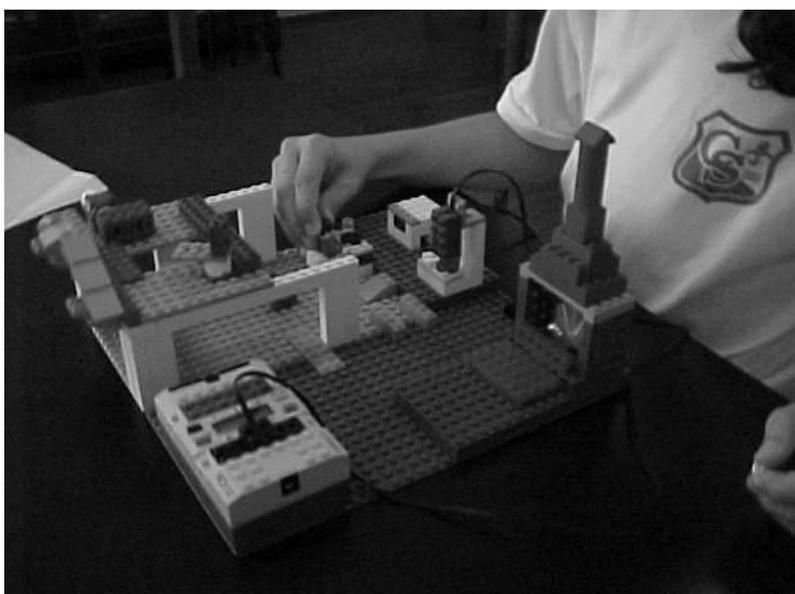
Início do nosso projeto (Casa Music 7.5), ela só tinha paredes.



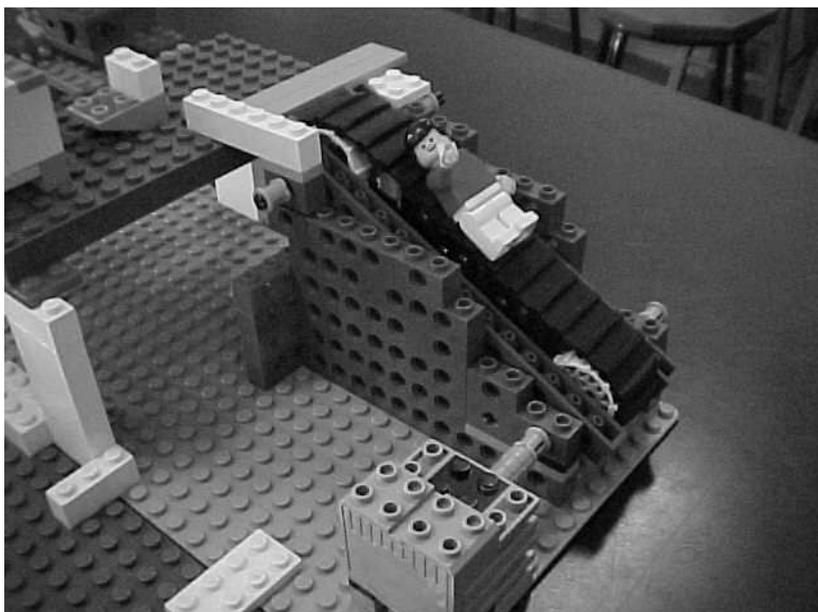
Segunda parte do nosso projeto, ele só tinha uma TV,
Uma maquina (que ao longo do projeto nós desistimos)
E as paredes.



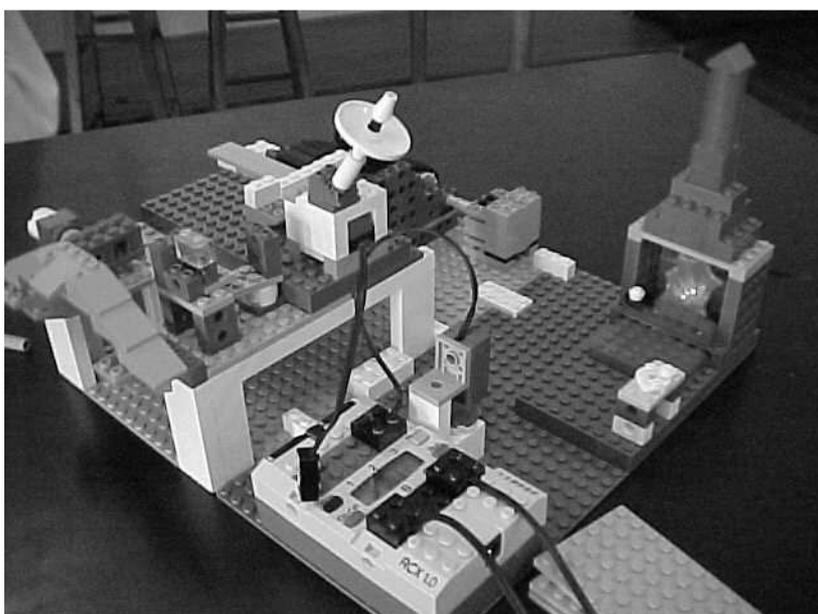
Ali o que o Flavio (da esquerda) esta segurando é um Elevador que nós desistimos de fazer por falta de espaço.



Agora ele já esta com o uma lareira, toca disco, TV.

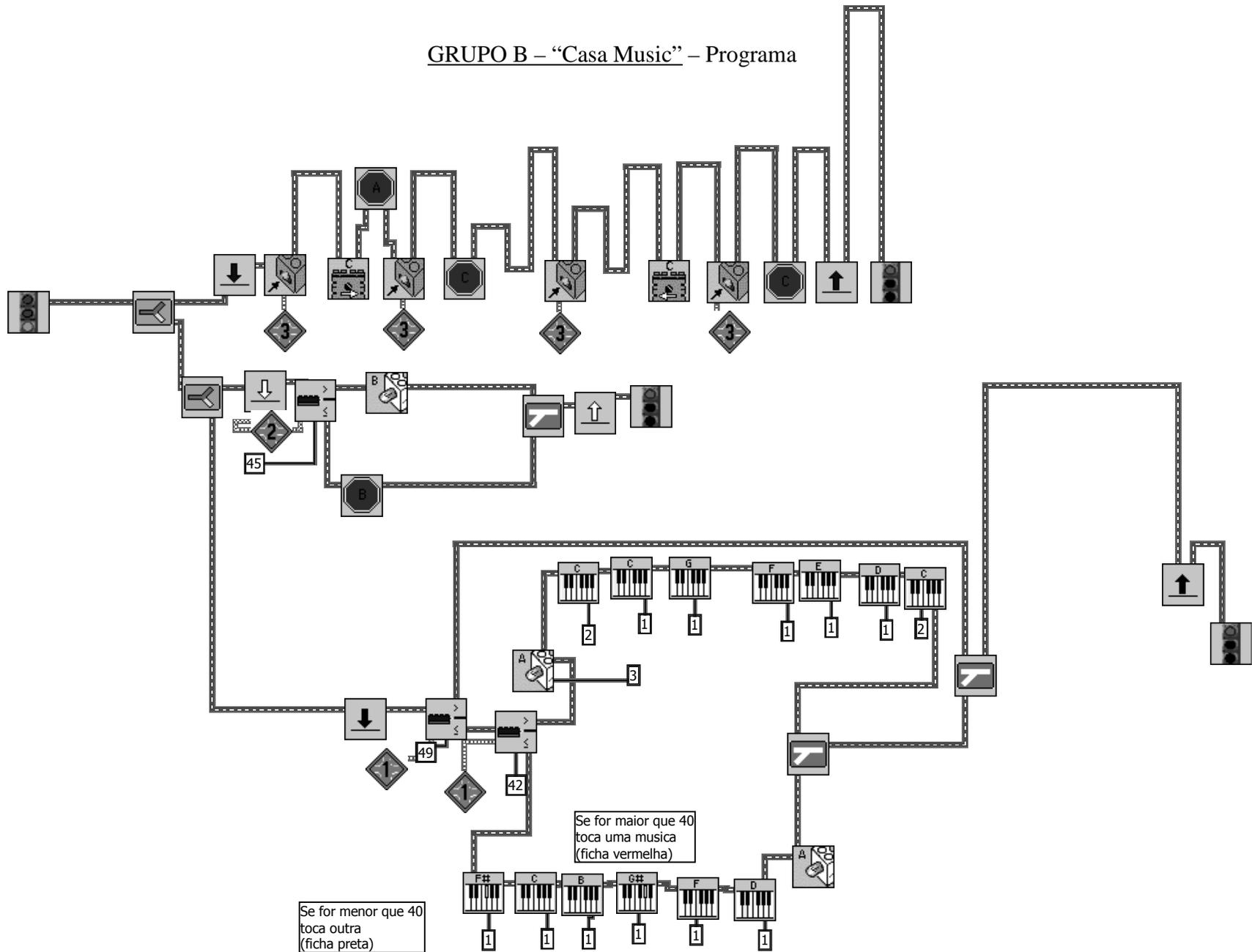


Nessa foto esta aparecendo uma escada rolante e um motor.



Nessa foto esta a versão final da Casa Music 7.5. Nessa casa tem um toca disco, uma televisão, um computador e a escada rolante!

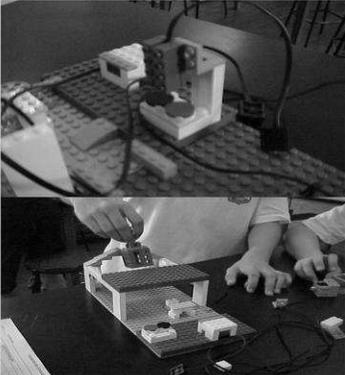
GRUPO B – “Casa Music” – Programa



GRUPO B – “Casa Music” – Relatório (PPT)

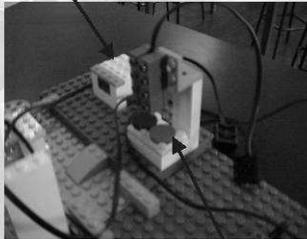
O inicio

- No inicio tínhamos muitas idéias até que nós tivemos a idéia de fazer a casa com elevador, TV, cama que se mexe e cd-player



O projeto

- Nós começamos a fazer o cd-player e a TV usando sensores e lâmpadas



TV

Cd-player

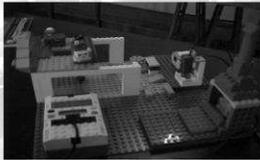
O projeto II

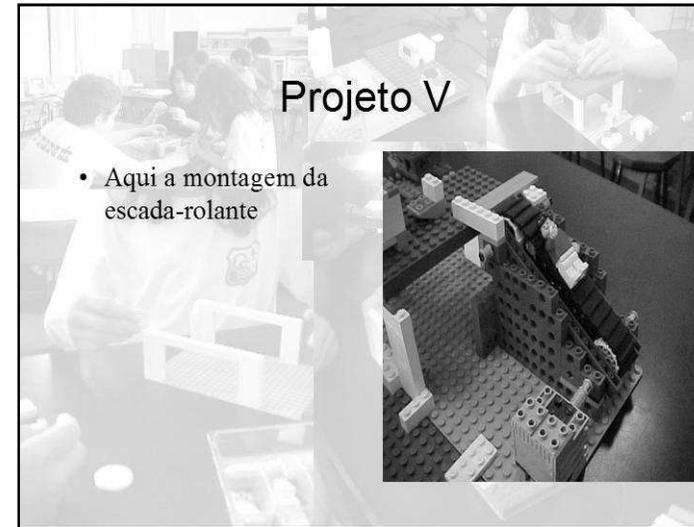
- Depois do cd-player e a TV nos fizemos a churrasqueira



O projeto III

- Nesta parte estamos fazendo o segundo piso com o elevador...



I – Exemplos de construções durante a familiarização com as peças

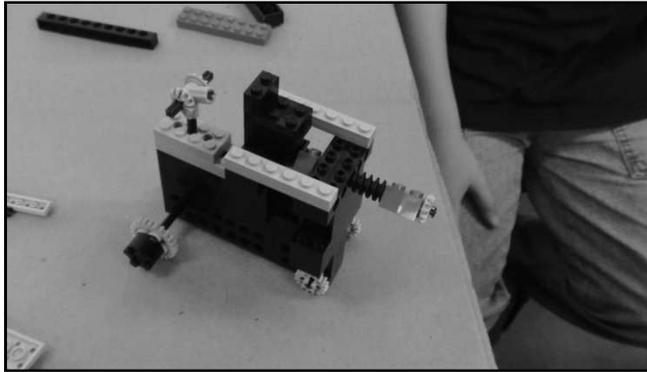


Figura 82: Quadriciclo – “uma moto de 4 rodas”

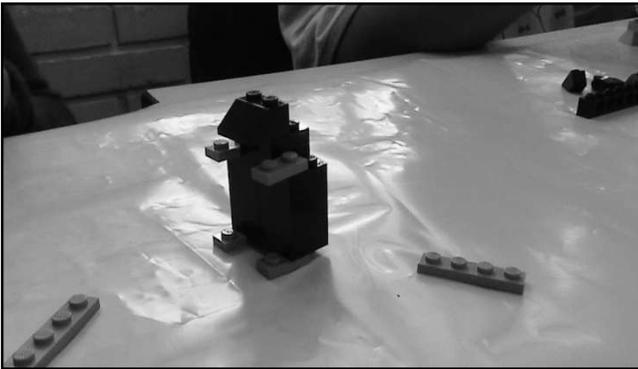


Figura 83: Robô

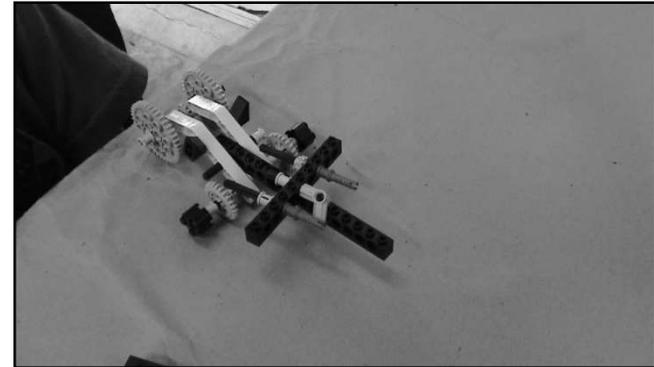


Figura 84: Guerra

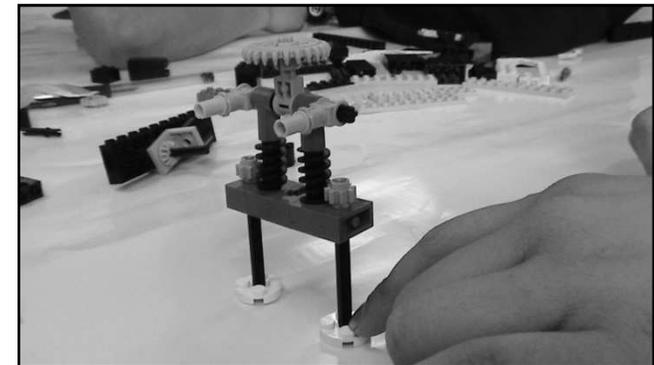


Figura 85: Robozinho

J – Perfil dos sujeitos envolvidos na experiência com o Globot

Professoras

❖ MAR, fem., 3ª Série

MAR descreve-se como uma professora que adora o seu trabalho. É professora há 20 anos, e desde o ano passado passou a lecionar na escola Luciana de Abreu. Com relação aos seus alunos, Ivone os percebe como motivados, com vontade de aprender, mas que, em geral, estão em "situação humana longe da ideal" (sic.). MAR diz que *seus principais desafios em sala de aula* são a grande quantidade de alunos, o excesso de conversas em aula e o curto tempo para cumprir o planejado. *Para enfrentar esses problemas*, ela vale-se da arte como um caminho de motivação para os alunos, pois, "o envolvimento dos alunos, a aceitação do grupo, o interesse são fundamentais. O trabalho não vai muito longe se eles não estão a fim" (sic.). Apesar do seu incipiente conhecimento sobre os kits LEGO (*MAR já fez uso dos blocos de montar em algumas aulas de maternal*), ela acredita que, em conjunto com o XO, viriam como uma ótima possibilidade de explorar a criatividade das crianças, pois, como ela diz, "o impulso de fazer que é mais fascinante que o escrever". Sobre as dificuldades que poderiam se colocar nesse projeto, Ivo diz que, ainda que seus alunos sejam muito bons no uso de tecnologia, ainda sofrem bastante com os problemas técnicos que ocorrem com os equipamentos.

Destaques da entrevista:

- **Desafios em sala de aula**: a quantidade de alunos, excesso de conversas e o pouco tempo
- **O que funciona em sala de aula**: buscar o envolvimento e o interesse do aluno com atividades motivadoras – arte e criatividade
- **Expectativas em relação ao LEGO Globot**: explorar a criatividade, o fazer

❖ GON, fem., 4ª Série

GON é professora há 27 anos, dos quais, os últimos 13 foram dedicados à Escola Luciana de Abreu, um lugar, segundo ela, pequeno, em que todos se conhecem, no qual há divergências, mas também há compreensão. Diz que gosta de trabalhar ali, mas que já gostou mais. Considera os alunos "bastante motivados, participativos, aceitando a proposta oferecida" (sic.). Manter esse ânimo entre os alunos, trabalhando com materiais e assuntos de seu interesse, e, ao mesmo tempo, dar conta do conteúdo formal estabelecido é considerado por GON *o maior desafio atualmente em uma sala de aula*. Uma das estratégias de GON é explorar "o trabalho coletivo, em duplas ou trios, e estabelecer um roteiro de trabalho" (sic.). Sobre o uso do XO, GON aponta que o tempo escasso e os problemas funcionais do XO oferecem dificuldades para a aprendizagem dos alunos. GON já usou o LEGO "de baldinho" (sic.) com seus netos, dizendo-se curiosa com o que o uso dos kits LEGO poderia oferecer em sala de aula. Ela especula que, além do aprendizado inerente a montar as peças, os alunos terão um bom material para testar suas hipóteses.

Destaques da entrevista:

- **Desafios em sala de aula**: manter os alunos motivados, trabalhando com assuntos de seu interesse e, ao mesmo tempo, dar conta do currículo formal
- **O que funciona em sala de aula**: o trabalho coletivo (duplas ou trios) e estabelecer roteiros de trabalho
- **Expectativas em relação ao LEGO Globot**: a montagem das peças será um material para os alunos testarem suas hipóteses

❖ TIS, fem., 4ª Série

TIS é professora há nove anos, sendo seis deles na Escola Luciana de Abreu, local em que diz gostar de lecionar. No que concerne à escola, TIS entende que ela é pequena e tradicional. Sobre

os alunos, diz que "estão motivados em função do XO, a frequência na escola aumentou muito." (sic.) O XO, além de motivar os alunos, **tornou-se um desafio para TIS**. De acordo com ela "aprender a trabalhar projetos e a explorar as possibilidades do laptop" (sic.) seriam atualmente seus maiores desafios em sala de aula, pois ela refere que o que mais funciona em sala de aula seria "partir de projetos deles, e que eles [alunos] consigam fazer buscas com o *laptop* a partir do que é proposto pelo professor" (sic.). Os materiais utilizados por TIS, em geral, são livros, quadro-negro e XO, o que ela considera insuficiente para dar conta das aprendizagens, uma vez que "o conteúdo é trazido pronto para os alunos. Considera que outros materiais abririam possibilidades de trabalho mais interessantes" (sic.). Seu contato prévio com LEGO foi montar castelinhos e casinhas com os filhos. Ela diz estar "curiosa para saber o que vai ser descoberto pelos alunos" (sic.), acreditando que o LEGO pode ajudar, embora não faça suposições de como isso pode ocorrer. Sobre as possíveis dificuldades que poderia vir a enfrentar com o trabalho, TIS comenta que não sabe como poderia dar continuidade ao que for descoberto pelos alunos, trabalhando o conteúdo exigido pela escola.

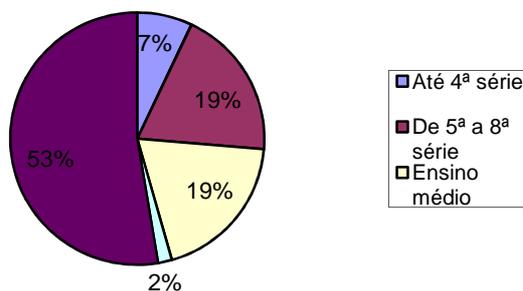
Destaques da entrevista:

- **Desafios em sala de aula**: aprender a trabalhar projetos e a explorar as possibilidades do *laptop*
- **O que funciona em sala de aula**: trabalhar partindo de projetos dos alunos, através da pesquisa de assuntos de seu interesse
- **Expectativas em relação ao LEGO Globot**: acha que o LEGO pode ajudar os alunos, mas não faz idéia de como

Estudantes

As turmas de alunos são constituídas em sua maior parte por crianças de 9 anos (3ª série) e 11 anos de idade (4ªs séries), sendo que algumas dessas possui histórico de repetência. A maioria dos alunos não sabe até que série seus pais e mães frequentaram a escola (58% e 53%, respectivamente).

Grau de instrução da mãe segundo os alunos



Grau de instrução do pai segundo os alunos

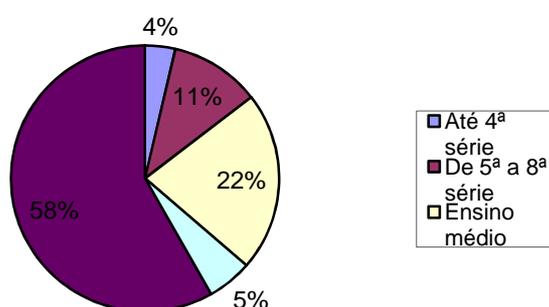


Figura 86 - Grau de instrução dos seus pais segundo os alunos

No que se refere à presença de equipamentos eletrônicos em casa, a maior parte dos alunos relata possuir rádio e televisão, e uma surpreendente quantidade de equipamentos para o lazer (mp3 players e assemelhados).

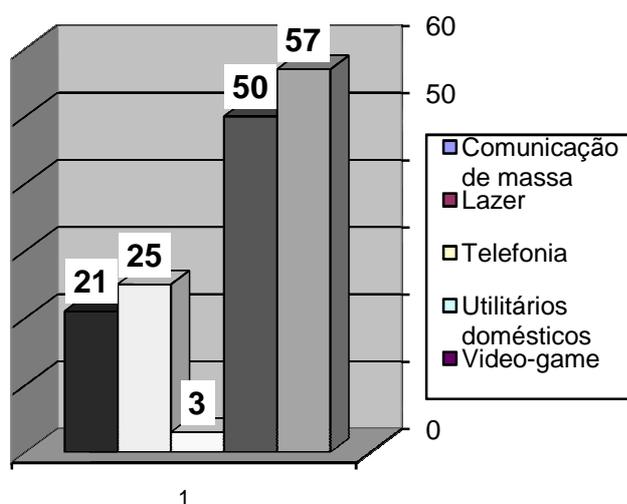


Figura 87 – Tipos de equipamentos eletro-eletrônicos os alunos têm em casa

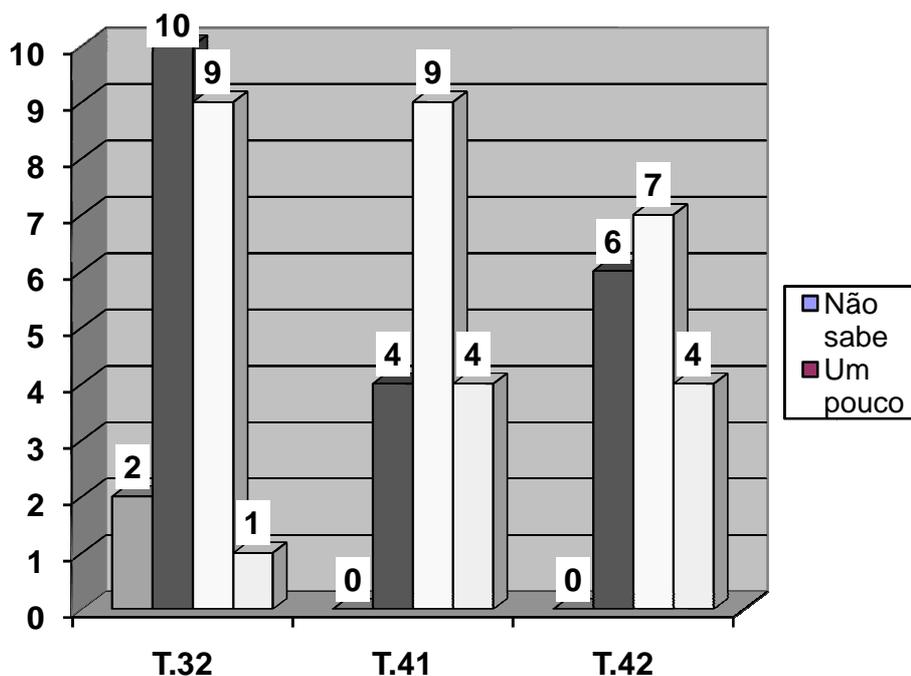


Figura 88 - Percepção dos estudantes acerca do quanto sabem usar o computador

Sem levar em consideração o XO, na 3ª série e na turma 42 (4ª série), a maioria possui computador em casa (61% e 62%, respectivamente). Já na turma 41 (4ª série) a maioria não possui (71%). A maioria dos alunos com computador em casa os utilizam para entretenimento (Orkut, MSN, jogos) e para navegar na *web*. Além disso, a maioria afirma saber usar o computador um pouco ou bem.

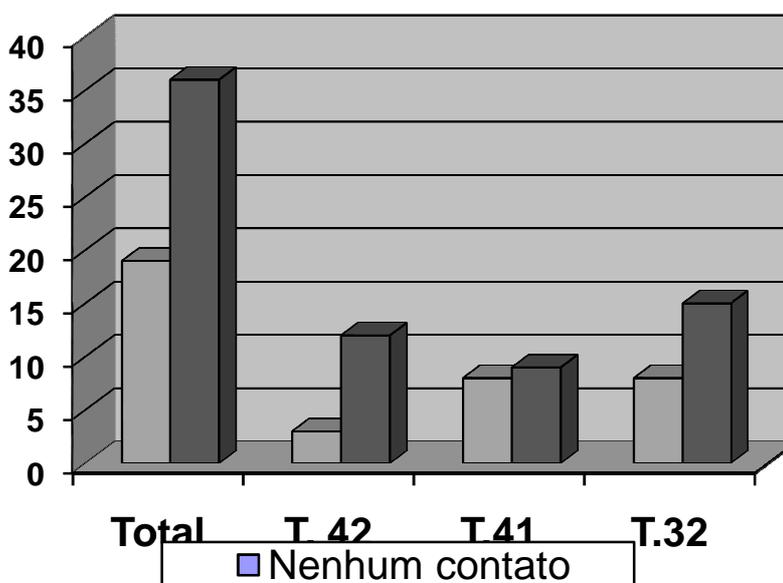


Figura 89 - Quantidade de alunos, por turma, que relataram contato prévio com LEGO

Muitos alunos afirmarem ter tido contato com algum tipo de material da LEGO anteriormente, entretanto, esse contato limitou-se ao uso de blocos de montar, e a maioria brincou de LEGO apenas na educação infantil.

K – Coleção de trechos com evidências das categorias de análise durante experimento com o Globot

Transana Collection Report

Collection: condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais

Collection Comment:

Coleção de condutas que revelam coordenações inferenciais

Clip: Antecipatoria01_S01_T31

Collection: condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais

File: D:/20071113143211(1).mpg

Time: 0:09:31.8 - 0:11:21.2 (Length: 0:01:49.3)

Episode Transcript: DVD05_S01_T31B

Clip Transcript:

:09:31.8)A - Isso aqui tem que botar no laptop depois né?

α<574605>(0:09:34.6)PQ - Isso!

α<576771>(0:09:36.8)A - E o quê que vai acontecer daí, D.?

α<580616>(0:09:40.6)PQ - Agora seguindo ali nós vamos ver o que vai acontec

Clip Keywords:

00 - Processos gerais de adaptação : coordenações inferenciais

Clip Comment:

questionamento de um aluno sobre o processo

Clip: Antecipatoria02_S01_T31

Collection: condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais

File: D:/20071113143211(2).mpg

Time: 0:06:14.1 - 0:07:13.9 (Length: 0:00:59.8)

Episode Transcript: DVD06_S01_T31C

Clip Transcript:

α<411518>(0:06:51.5)A - Só que depois ele vai se mexer automaticamente, né?

α<416088>(0:06:56.1)PQ - ãh?

α<416489>(0:06:56.5)A - Depois a gente ligando no computador ele vai se mexer sozinho, né?

α<420966>(0:07:01.0)PQ - Será? Sozinho? A gente não vai precisar fazer nada?

α<424973>(0:07:05.0)A - Ah, não sei...

Clip Keywords:

00 - Processos gerais de adaptação : coordenações inferenciais

Clip Comment:

Questionamento sobre o funcionamento do modelo

Clip: Antecipatoria03_S02_T31

Collection: condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais

File: D:/20071120135147.mpg

Time: 0:05:28.2 - 0:05:56.0 (Length: 0:00:27.8)

Episode Transcript: DVD06_S02_T31A

Clip Transcript:

(0:05:28.2)A - Ah! Eu entendi uma coisa: a gente tem que botar a bolinha na frente da luzinha... (sensor de presença)

α<334159>(0:05:34.2)O: o PQ orienta a dupla a clicar no "play" para acionar o chutador. Porém o chutador não funcionou em função do bug - perdeu a conexão com o HUB.

α<340156>(0:05:40.2)A - Viu! Olha aqui ó, a gente tem que pegar e botar uma bola de papel.
 α<352134>(0:05:52.1)O: porém o PQ insistiu na questão do bug, e diz que seria preciso reiniciar o programa, pois não estava detectando o motor.

Clip Keywords:

00 - Processos gerais de adaptação : coordenações inferenciais

Clip: Antecipatoria04_S04_T31

Collection: condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais

File: D:/20071204134952.mpg

Time: 0:02:39.0 - 0:03:07.3 (**Length:** 0:00:28.3)

Episode Transcript: 20071204134952

Clip Transcript:

(0:02:39.0)PQ - Vocês vão fazer o gigante, né?
 α<160537>(0:02:40.5)A1 - Sim.
 α<161144>(0:02:41.1)PQ - Vocês já olharam o livro grande ali, a estória?
 α<162568>(0:02:42.6)O: balançam a cabeça positivamente.
 α<165069>(0:02:45.1)PQ - O quê que pede ali, o quê que fala ali na estória do gigante?
 α<167748>(0:02:47.7)A2 - Ele tá dormindo, daí tu... parece que tu tenta roubar um bagulho, daí ele se alevanta correndo atrás de ti.
 α<174080>(0:02:54.1)PQ - Daí ele foge correndo?
 α<175317>(0:02:55.3)A2 - Não, daí o gigante sai correndo atrás de ti. O carinho sai correndo assim - exemplifica com a mão como se estivesse correndo.
 α<179747>(0:02:59.7)PQ - Ah, é tipo a estória do "João e o pé de feijão"?
 α<182040>(0:03:02.0)A2 - Daí o gigante sai correndo atrás do carinho - mostra com a mão novamente.
 α<184360>(0:03:04.4)PQ - Vocês conhecem a estória do "João e o pé de feijão"?
 α<185871>(0:03:05.9)A2 - Sim.

Clip Keywords:

00 - Processos gerais de adaptação : coordenações inferenciais

Clip: Antecipatoria05_S04_T31

Collection: condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais

File: D:/20071204134952.mpg

Time: 0:04:56.6 - 0:06:15.7 (**Length:** 0:01:19.1)

Episode Transcript: 20071204134952

Clip Transcript:

(0:04:56.6)O: o PQ chega perto de outra dupla de alunos.
 α<296710>(0:04:56.7)PQ - Vocês vão fazer o do gigante, né?
 α<299806>(0:04:59.8)A - Um gigante que vem com um gancho e alevanta.
 α<301477>(0:05:01.5)PQ - E vocês leram a estória do gigante?
 α<303049>(0:05:03.0)A - Não. Depois nós lemos.
 α<306919>(0:05:06.9)PQ - Depois... sempre é depois né...
 α<310014>(0:05:10.0)PQ - Mas qualé a estória do gigante?
 O: o aluno pega o guia de atividades e começa a ler a estória.
 α<312954>(0:05:13.0)PQ - Vocês vão fazer o avião, né? - pergunta para outra dupla ao lado.
 α<315861>(0:05:15.9)O: acenam positivamente com a cabeça.
 α<316652>(0:05:16.7)PQ - E qualé a estória do avião.
 α<317806>(0:05:17.8)A - Ele fala "Rá rá"? - pergunta em relação ao gigante.
 α<319123>(0:05:19.1)A - Ele fala isso aqui?
 O: pergunta apontando para a estória no guia de atividades que tinha "RRRRRRRRR" junto a figura do gigante.
 α<322966>(0:05:23.0)A - Bah! Não, não, não, não... Daí agora até eu quero ver.

α<328466>(0:05:28.5)PQ - Por isso que é bom ler a estória, porque a estória é que vai trazer pra vocês o porquê aí do...

Clip Keywords:

00 - Processos gerais de adaptação : coordenações inferenciais

Clip: Antecipatoria06_S04_T31

Collection: condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais

File: D:/20071204134952.mpg

Time: 0:13:52.7 - 0:15:13.6 (Length: 0:01:20.9)

Episode Transcript: 20071204134952

Clip Transcript:

(0:13:52.7)O: uma outra dupla que também estava construindo o gigante é questionada se entendia o funcionamento do programa do guia de atividades.

α<834009>(0:13:54.0)PQ - O quê que faz esse programa?

α<839024>(0:13:59.0)A - Ele deixa o gigante de pé, deitado... acho que até sentado... - responde olhando a figura do gigante no guia de atividades.

α<848116>(0:14:08.1)PQ - Então, tu tem que estar sabendo que tu vai construir um programa pra ele fazer tal e tal coisa.

α<852158>(0:14:12.2)A - Nós controlamos ele por... - aponta no livro para a imagem das cordas presas no gigante.

α<854332>(0:14:14.3)PQ - E como é que tu faz esse controle aí?

α<857806>(0:14:17.8)A - Conectando no laptop.

α<859827>(0:14:19.8)PQ - E daonde que saem esses controles?

α<863769>(0:14:23.8)O: o aluno aponta no guia de atividades para o desenho do programa apresentado.

α<869404>(0:14:29.4)PQ - Tá vendo que tem um monte de coisa diferente aqui? - pergunta apontando para os diversos ícones de comandos apresentados no guia.

α<870706>(0:14:30.7)A - Uhum... - responde positivamente.

α<871925>(0:14:31.9)PQ - E esses aqui, ó, pra quê será que tem esses aqui, ó? - aponta para os desenhos dos ícones da interface do Globot que servem para gravar e reproduzir sons no laptop.

α<874352>(0:14:34.4)A - Pra ele falar?

α<880614>(0:14:40.6)PQ - Dá uma lida aqui pra ver o quê que tu descobre aqui. - aponta para a página inicial da atividade do gigante no guia.

α<886632>(0:14:46.6)O: o aluno segue a leitura do guia de atividades.

Clip Keywords:

00 - Processos gerais de adaptação : coordenações inferenciais

Clip: Antecipatoria07_S04_T31

Collection: condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais

File: D:/20071204140857.mpg

Time: 0:00:00.0 - 0:01:58.1 (Length: 0:01:58.1)

Episode Transcript: 20071204140857

Clip Transcript:

α<27633>(0:00:27.6)O: o PQ se aproxima de uma dupla de alunos que estava montando o modelo do avião.

α<40786>(0:00:40.8)PQ - O quê que vai fazer esse avião aí? Vamos ver. Me expliquem.

α<43354>(0:00:43.4)A1 - Ele vai ir pra cima e pra baixo.

α<49178>(0:00:49.2)PQ - Ele vai pra cima e pra baixo?

α<50043>(0:00:50.0)A1 - Tava escrito no livro.

α<51595>(0:00:51.6)PQ - É o que está escrito ali? Vamos ver de novo então.

α<54651>(0:00:54.7)A2 - "Você consegue criar um avião que muda de velocidade a média que se movimenta..." - lendo do guia de atividades.

α<61274>(0:01:01.3)PQ - A medida que.

α<62856>(0:01:02.9)A2 - "...se movimenta para cima e para baixo."
 α<67728>(0:01:07.7)PQ - Então? O quê que vai acontecer quando ele se movimenta para cima e para baixo?
 α<71501>(0:01:11.5)A2 - A hélice vai girar.
 α<72391>(0:01:12.4)PQ - ãh?
 α<72683>(0:01:12.7)A2 - A hélice vai girar?
 α<75414>(0:01:15.4)PQ - Mas vai girar como?
 α<76582>(0:01:16.6)A1 - Girando! - mostra o movimento circular com o dedo.
 α<77684>(0:01:17.7)A2 - Girando!
 α<78727>(0:01:18.7)PQ - Tá mas e o quê que diz aqui, ó? - apontando para a frase no livro, e lê em seguida.
 α<82410>(0:01:22.4)PQ - "muda de velocidade".
 α<85981>(0:01:26.0)O: os dois alunos se olham e arregalam os olhos.
 α<88798>(0:01:28.8)A2 - Vai indo mais rápido.
 α<89864>(0:01:29.9)PQ - ãh?
 α<90425>(0:01:30.4)A2 - Vai indo mais rápido?
 α<92140>(0:01:32.1)PQ - Será que é isso?
 α<94470>(0:01:34.5)O: A2 começa a folhear as páginas do guia de atividades.
 α<100159>(0:01:40.2)PQ - Lê, lê ali.
 α<102009>(0:01:42.0)PQ - Aqui ó. Lê aqui ó. - apontando para a página do guia que A2 abriu.
 α<106768>(0:01:46.8)PQ - É isso aí que vocês fizeram agora, né?
 O: os alunos seguiram na conclusão da montagem.

Clip Keywords:

00 - Processos gerais de adaptação : coordenações inferenciais

Clip: Antecipatoria08_S04_T31

Collection: condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais

File: D:/20071204145856.mpg

Time: 0:02:54.8 - 0:03:11.3 (**Length:** 0:00:16.6)

Episode Transcript: 20071204145856

Clip Transcript:

A3 - Sabia que dá pra vocês fazer a rodinha andá?

α<177579>A2 - Nós já fizemos.

α<179770>A3 - Não mas... como é que é... botar o motorzinho em cima pra fazer ela andá sozinha.

α<186832>A1 - Ah, é difícil.

Clip Keywords:

00 - Processos gerais de adaptação : coordenações inferenciais

Collection: condutas fase I > 00 - Indagações

Collection Comment:

Condutas que revelam indagações dos sujeitos

Clip: Indagacao01_S04_T31

Collection: condutas fase I > 00 - Indagações

File: D:/20071204140736.mpg

Time: 0:00:00.0 - 0:00:22.0 (**Length:** 0:00:22.0)

Episode Transcript: 20071204140736

Clip Transcript:

α<12100>(0:00:12.1)O: uma aluna pergunta, enquanto montava o avião:

α<12572>(0:00:12.6)A - O avião vai voar de verdade?

α<15962>(0:00:16.0)PQ - O quê que tu acha?

α<17508>(0:00:17.5)A - Acho que não.

Clip Keywords:

00 - Processos gerais de adaptação : indagação

Collection: condutas fase I > Nivel A - Indiferenciadas

Collection Comment:

Condutas que revelam indiferenciação dos Ss em relação ao problema

Clip: Indiferenciada01_S01_T31

Collection: condutas fase I > Nivel A - Indiferenciadas

File: D:/20071113143211(1).mpg

Time: 0:11:21.2 - 0:14:12.2 (Length: 0:02:51.0)

Episode Transcript: DVD05_S01_T31B

Clip Transcript:

α<707871>(0:11:47.9)O: uma outra dupla avisa que terminou a montagem. O PQ pede que comparem o modelo montado com o do guia, observem se está igual, e pede para que observem os pinos de encaixe. Os alunos afirmam que perceberam a diferença, e ajustam os encaixes de forma a ficar como no modelo do guia. No entanto, ao encaixar o motor, não firmam o seu encaixe nos pinos, apenas conectam o eixo do motor à estrutura da aste e afirmam que está pronto. O PQ, assim, encaixa o motor nos pinos, firmando-o em relação à estrutura da aste.

Clip Keywords:

condutas : nivel A - indiferenciações

Clip Comment:

conduta referente a indiferenciação do sujeito em relação ao funcionamento modelo

Clip: Indiferenciada02_S02_T31

Collection: condutas fase I > Nivel A - Indiferenciadas

File: D:/20071120140554.mpg

Time: 0:00:18.4 - 0:03:10.2 (Length: 0:02:51.8)

Episode Transcript: DVD08_S02_T31C

Clip Transcript:

(0:00:18.4)O: uma dupla pediu ajuda pois a perna girava a voltava a posição vertical. Além disso, girava para trás ao invés de para frente, na direção do chute. O PQ pede para compararem o comando colocado na tela com os comandos apresentados no livro. Um dos alunos aponta para onde estava diferente e alteram na tela.

α<91543>(0:01:31.5)A - Oh, viu? Ele não anda!

α<94167>(0:01:34.2)PQ - Não o quê?

α<95047>(0:01:35.0)A - Ele não anda.

α<96666>(0:01:36.7)PQ - Como não anda? O que que tá acontecendo?

α<98650>(0:01:38.7)O: o aluno dá de ombros, indicando que não sabe.

α<99990>(0:01:40.0)PQ - Não tá acontecendo nada?

α<101933>(0:01:41.9)O: o aluno indica, girando a perna do modelo.

α<104896>(0:01:44.9)PQ - Sim, mas o objetivo não é chutar?

α<108983>(0:01:49.0)O: o aluno faz um gesto com a mão no sentido de girar a perna várias vezes.

α<109673>(0:01:49.7)A - Eu quero que ele fique assim... - gira a mão, indicando o movimento da perna.

α<111247>(0:01:51.2)PQ - Tu qué que ele fique girando bastante tempo?

α<113289>(0:01:53.3)A - É! - acenando positivamente com a cabeça.

α<115374>(0:01:55.4)PQ - Então experimenta mudar alguma coisa no programa ali. Vê o que tu acha que pode ser.

α<120638>(0:02:00.6)PQ - Por exemplo, tudo sabe para que serve isso aqui? - apontando no computador para o ícone representando o tempo de acionamento do motor.

α<125463>(0:02:05.5)PQ - Não? Esse aqui tu não sabe? Esse sinalzinho aqui tu

sabe o que que é? Isso aqui, tu não conhece isso aqui? - ainda apontando para o mesmo ícone.

α<133844>(0:02:13.8)PQ - Nunca viu um relógio de areia?

α<136811>(0:02:16.8)O: o aluno balança a cabeça negativamente.

α<142797>(0:02:22.8)PQ - Tu sabe como é que muda esse número aqui?

α<144093>(0:02:24.1)O: o aluno altera o valor clicando com os botões da esquerda e direita do mouse, respectivamente para aumentar e diminuir o valor. O PQ ainda explica que é possível alterar o valor diretamente digitando os números no teclado.

α<160367>(0:02:40.4)PQ - Muda o número e vê o que acontece?

α<164184>(0:02:44.2)O: o aluno digita o número 59 e observa a perna girando várias vezes.

Clip Keywords:

abstração empírica : nível B - atividade exploratória
condutas : nível A - indiferenciações

Clip: Indiferenciada03_S03_T31

Collection: condutas fase I > Nivel A - Indiferenciadas

File: D:/20071127141558.mpg

Time: 0:00:00.0 - 0:01:11.0 (Length: 0:01:11.0)

Episode Transcript: 20071127141558

Clip Transcript:

α<32345>O: duas alunas estavam finalizando a programação do goleiro. No momento de testar o programa, o movimento do goleiro foi bloqueado em função de um eixo encaixado no motor era maior que o indicado no guia de montagem. O PQ intervém explicando o problema para as alunas.

α<42626>PQ - Gurias, esse eixo ficou muito grande. Daí ele tá batendo ali ó.

α<49195>PQ - Aqui ó (aponta para o eixo), tem que ficar livre pra poder rodar.

α<56291>PQ - Tem que colocar um eixo menor ali.

α<59013>PQ - Tem um eixo cinza ali dentro da caixa. Viu gurias?

α<62107>PQ - Usem o eixo cinza que tá dentro da caixa ali. Ele é bem menor.

α<67170>PQ - Isso! Dá um stop aqui e desmonta aí.

Clip Keywords:

condutas : nível A - indiferenciações

Clip: Indiferenciada04_S03_T31

Collection: condutas fase I > Nivel A - Indiferenciadas

File: D:/20071127145218.mpg

Time: 0:00:00.0 - 0:01:03.1 (Length: 0:01:03.1)

Episode Transcript: 20071127145218

Clip Transcript:

α<24134>O: duas duplas iniciaram uma partida de gol-a-gol. Uma dupla não havia implementado o procedimento do placar e o PQ sugere que coloquem a fim de que também registrem na tela os gols contra.

α<46171>O: o PQ pergunta se eles notavam algo diferente no movimento dos goleiros. Isto porque um dos goleiros, em função do bug no HUB, perdera a conexão com o motor e este girava apenas num mesmo sentido, ao invés de girar aleatoriamente para ambos os sentidos - horário e anti-horário.

α<53435>PQ - Esse aqui, ó. Dá uma olhadinha.

α<57712>A - É, o meu vai mais rápido, né. The Flash!

α<59533>PQ - Mas o quê que ele tá fazendo? Ele tá sempre fazendo a mesma coisa.

Clip Keywords:

condutas : nível A - indiferenciações

Clip: Indiferenciada05_S03_T31**Collection:** condutas fase I > Nivel A - Indiferenciadas**File:** D:/20071127150943.mpg**Time:** 0:00:00.0 - 0:05:35.7 (**Length:** 0:05:35.7)**Episode Transcript:** 20071127150943**Clip Transcript:**

α<174389>(0:02:54.4)O: um grupo de alunos que estava jogando não percebeu que um dos goleiros estava movimentando-se de forma previsível, com o motor girando a alavanca somente numa direção. Nesse caso, não havia problemas com o HUB, mas sim no procedimento que arranjaram na tela de programação. Esse procedimento fora copiado do modelo do guia de atividades.

α<189380>(0:03:09.4)O: o PQ pergunta se eles notavam alguma diferença entre os programas que eles arranjaram na tela. Responderam que o motor girava em sentidos diferentes, e passaram a rearranjar o programa na tela. No entanto, quando tentaram rearranjar sem olhar no modelo do guia, encontraram dificuldade, pois não lembravam como era o original. Assim, o PQ interveio no sentido de orientá-los no rearranjo do programa. Em seguida, rodam o programa novamente e o PQ pede que observem a diferença, pois agora o goleiro se movia de forma aleatória, por sorteio.

Clip Keywords:

condutas : nivel A - indiferenciações

Clip: Indiferenciada06_S04_T31**Collection:** condutas fase I > Nivel A - Indiferenciadas**File:** D:/20071204134952.mpg**Time:** 0:05:28.5 - 0:11:41.0 (**Length:** 0:06:12.5)**Episode Transcript:** 20071204134952**Clip Transcript:**

α<335348>PQ - Vocês vão fazer qual? - dirigindo-se a outra dupla de alunos.

α<336334>A - O gigante.

α<337740>PQ - Já leram a estória do gigante?

α<339041>A - Vamos ler depois.

α<341525>PQ - Sabia que lendo a estória a gente consegue entender melhor daí com a construção do projeto?

α<346284>PQ - Porque na estória tem o objetivo, porquê a gente vai construir.

α<349995>PQ - Garanto pra vocês.

α<351908>O: os alunos seguem na montagem a partir do guia de montagem.

α<356823>O: uma outra dupla, próxima a anterior, montava o gigante a partir do guia de montagem.

α<366935>PQ - Vocês não leram também?

α<369137>PQ - Vocês não leram a história do gigante ainda?

α<371096>O: os alunos balançam a cabeça negativamente.

α<610545>O: o PQ pergunta para uma outra dupla se leram a estória do avião. A dupla não responde nem que sim e nem que não, e continua montando o avião a partir do guia de montagem.

α<638917>O: em seguida, pergunta para outra dupla ao lado qual estavam construindo. Responderam que estavam fazendo o avião.

α<641351>PQ - E vocês leram a estorinha ali do avião, ou não?

α<644415>O: o aluno olha para o PQ como quem não entende a pergunta.

α<645203>PQ - A estorinha do livro grande ali. Vocês leram?

α<647222>A - Não.

α<649518>PQ - Então vocês não fazem idéia do quê que vai acontecer?

α<652922>A - A hélice vai girar.

α<654476>PQ - Só isso?

α<655722>A - É. Eu acho.

α<657735>PQ - É? Só isso?

α<658859>A - Eu acho.

α<659927>PQ - Dá uma lida na estória ali, vê se tu descobre mais alguma coisa.
 α<667705>O: o PQ se dirige para outra dupla e pergunta se já leram a estória do gigante. A dupla responde que não.
 α<675786>PQ - Vocês sabem o quê que vai acontecer?
 α<677630>A1 - Não. Não precisa.
 α<679537>A2 - Depois a gente lê. Acho que nem precisa.
 α<688368>O: o PQ dirige-se para uma próxima dupla e pergunta se leram a estória do livro grande. Respondem que não. Quando o PQ pergunta se fazem alguma idéia do que vai acontecer, não respondem a pergunta.

Clip Keywords:

condutas : nivel A - indiferenciações

Clip: Indiferenciada07_S04_T31

Collection: condutas fase I > Nivel A - Indiferenciadas

File: D:/20071204144804.mpg

Time: 0:00:00.0 - 0:03:07.0 (Length: 0:03:07.0)

Episode Transcript: 20071204144804

Clip Transcript:

α<126048>(0:02:06.0)O: o PQ pergunta para outra dupla de alunos, que já havia montado o gigante, como se pode fazer para o gigante descer. Os alunos já haviam montado o protótipo e os dois programas que estava no guia de atividades.
 α<140363>(0:02:20.4)PQ - Qual daqueles que tá ali, ó, mostra com o dedo, que vocês acham que liga o motor? Que faz o motor girar?
 α<144785>(0:02:24.8)A - Eu sei.
 α<147460>(0:02:27.5)PQ - Põe o dedo então ali pra eu ver - apontando para a tela do laptop.
 α<161373>(0:02:41.4)O: os alunos não atendem a solicitação do PQ, não apontando qual seria o ícone.
 α<172209>(0:02:52.2)A - Como assim, Sôr?
 α<173109>(0:02:53.1)PQ - Qual desses aí que vocês acham que faz girar o motor? Desses quadradinhos que estão na tela aí?
 α<177558>(0:02:57.6)PQ - Nenhum deles é parecido com o motor?
 α<182916>(0:03:02.9)PQ - Qual que é parecido com o motor?
 α<185644>(0:03:05.6)A - Esse aqui. - aponta na tela para o ícone que representa sensor de presença.

Clip Keywords:

condutas : nivel A - indiferenciações

Collection: condutas fase I > Nivel B - Exploratória

Collection Comment:

Condutas que revelam ação exploratória

Clip: Exploratoria01_S02_T31

Collection: condutas fase I > Nivel B - Exploratória

File: D:/20071120135818.mpg

Time: 0:01:06.3 - 0:03:59.4 (Length: 0:02:53.2)

Episode Transcript: DVD08_S02_T31B

Clip Transcript:

α<123063>(0:02:03.1)PQ - Tu mudou o número? - pergunta para uma dupla de alunas.
 α<124388>(0:02:04.4)A1 - Mudamos.
 α<125340>(0:02:05.3)PQ - Que número tu botou?
 α<126122>(0:02:06.1)A1 - O dois!
 α<129811>(0:02:09.8)A2 - Se botá o dez o que que acontece?

α<133973>(0:02:14.0)PQ - O que tu acha que vai acontecer?
 α<135228>(0:02:15.2)A2 - Vai andar mais rápido?
 α<137887>(0:02:17.9)PQ - Não sei. Vamos experimentar.
 α<140647>(0:02:20.6)O: a aluna troca na programação para o número 10 o tempo de acionamento do motor.
 α<143446>(0:02:23.4)PQ - Vamos ver o que que acontece... O quê que aconteceu?
 α<149489>(0:02:29.5)A2 - Não aconteceu nada.
 α<152007>(0:02:32.0)PQ - Mudou ou não mudou?
 α<152816>(0:02:32.8)A2 - Não mudou nada.
 α<172858>(0:02:52.9)O: as alunas observam a perna girar várias vezes, mas afirmam que não mudou nada.
 α<180680>(0:03:00.7)PQ - E aí? Quanto que foi agora?
 α<183085>(0:03:03.1)A2 - Não pára mais. Tá locão.
 α<187280>(0:03:07.3)PQ - A gente vai ter que fazer o seguinte então... Parou?!
 α<192452>(0:03:12.5)A2 - Eu apertei aqui e parou. - mostrando com o dedo na tela.
 (...)
 α<204302>(0:03:24.3)PQ - Vai! Dá um "play" agora ali... E conta quanto tempo fica girando.
 α<217078>(0:03:37.1)A2 - Três!
 α<217698>(0:03:37.7)O: a perna girou três voltas.
 α<219162>(0:03:39.2)PQ - Quantas voltas deu?
 α<220862>(0:03:40.9)A2 - Três.
 α<221433>(0:03:41.4)PQ - Três voltas?
 α<222734>(0:03:42.7)A2 - Ah, é por voltas isso aqui?
 α<225653>(0:03:45.7)PQ - Não sei. Tem que experimentar até descobrir o que que é.

Clip Keywords:

00 - Processos gerais de adaptação : coordenadas inferenciais
 condutas : nível A - indiferenciações
 condutas : nível B - exploração

Clip: Exploratoria02_S03_T31

Collection: condutas fase I > Nivel B - Exploratória
File: D:/20071127140037.mpg
Time: 0:06:45.9 - 0:10:08.5 (**Length:** 0:03:22.6)

Episode Transcript: 20071127140037

Clip Transcript:

O: uma outra dupla finaliza a programação a partir do modelo do guia de atividades a passa a observar o funcionamento do placar eletrônico e do goleiro. Passam a mão várias vezes pelo sensor de presença/movimento para testar o funcionamento do placar.
 α<463789>O: a aluna pergunta como que faz para zerar o placar, e o PQ dá a mesma explicação que fizera anteriormente para outra dupla.

Clip Keywords:

condutas : nível A - indiferenciações
 condutas : nível B - exploração

Clip: Exploratoria03_S04_T31

Collection: condutas fase I > Nivel B - Exploratória
File: D:/20071204140857.mpg
Time: 0:09:28.5 - 0:10:30.5 (**Length:** 0:01:02.0)

Episode Transcript: 20071204140857

Clip Transcript:

(0:09:28.5)O: a dupla de alunos que montou o modelo do avião agora estava

lendo as explicações sobre o programa que controlava o protótipo. A professora se aproxima e acompanha a leitura, intervindo para saber se eles estavam compreendendo a leitura.

α<572144>(0:09:32.1)P - O quê que é inclinado?

α<574577>(0:09:34.6)P - Me mostra como é que é inclinado.

α<577497>(0:09:37.5)P - Que posição é essa?

α<578519>(0:09:38.5)O: Al segura na cauda do modelo do avião e o inclina para frente.

α<580024>(0:09:40.0)P - Ah, isso aí.

α<584167>(0:09:44.2)PQ - O quê que ele faz quando inclina para baixo?

α<587926>(0:09:47.9)PQ - Levanta na mão um pouquinho. Pega na mão...

α<590325>(0:09:50.3)PQ - Pega na mão e inclina. Vai inclinando...

α<594140>(0:09:54.1)PQ - Vai inclinando... inclina mais...

α<597693>(0:09:57.7)PQ - Levanta, levanta ele - referindo-se ao protótipo.

α<599198>(0:09:59.2)PQ - Pega ele em baixo.

α<602538>(0:10:02.5)PQ - Pega ele por baixo. Levanta da mesa ele.

α<606488>(0:10:06.5)PQ - Pega na mão! Levanta da mesa. Isso!

α<607877>(0:10:07.9)PQ - Agora vira pra abaixo ele um pouquinho.

α<611137>(0:10:11.1)PQ - Pra baixo. Não... Assim ó. - mostra com a mão, inclinando para frente.

α<613976>(0:10:14.0)PQ - Não mudou? Tá igual?

α<620614>(0:10:20.6)PQ - Me diz uma coisa. Dá uma olhadinha comigo aqui.

α<625792>(0:10:25.8)Al - Ele não anda!

α<627687>(0:10:27.7)PQ - Só me diz uma coisa. Deixa eu ver se está bem conectado no HUB aí.

Clip Keywords:

condutas : nível A - indiferenciações
condutas : nível B - exploração

Clip: Exploratoria04_S03_T31

Collection: condutas fase I > Nivel B - Exploratória

File: D:/20071127143339.mpg

Time: 0:00:01.1 - 0:02:41.9 (Length: 0:02:40.8)

Episode Transcript: 20071127143339

Clip Transcript:

(0:00:01.1)O: uma dupla de alunas inseriu um evento sonoro no procedimento que controlava o goleiro. Com esse procedimento, cada vez que o sensor de presença detectava a bola ou outro objeto, o sistema emitia uma voz que gritava "Gool". Questionadas sobre como haviam descoberto isso, disseram que foi outro colega que havia mostrado como fazê-lo. O PQ intervém:

α<21008>(0:00:21.0)PQ - Tu queres colocar a tua voz agora, dizendo gol?

α<24353>(0:00:24.4)Al - Quero.

α<24883>(0:00:24.9)PQ - Quer?

α<26363>(0:00:26.4)Al - Como é que bota?

α<27971>(0:00:28.0)PQ - Tá vendo aquele microfone, lá em cima? - diz apontando para a interface do programa no computador.

α<31723>(0:00:31.7)PQ - Dá um stop. Primeiro pára tudo.

α<36203>(0:00:36.2)PQ - Aí! Tá vendo aquele microfone lá em cima?

α<39137>(0:00:39.1)Al - Esse aqui?

α<39709>(0:00:39.7)PQ - Qual desses aí tu acha que é para gravar? A bolinha, o quadrado ou o triângulo? Qual que grava?

O: na interface do programa, junto ao desenho do microfone, encontra-se os símbolos tradicionais dos aparelhos de som, que representam a ação do "parar/stop" (quadrado), "tocar/play" (triângulo), e "gravar/record" (disco).

α<46134>(0:00:46.1)Al - A bolinha?

α<48711>(0:00:48.7)PQ - Experimenta.

α<51105>(0:00:51.1)PQ - Só que assim, ó: tu tem que falar gol aqui no microfone se tu fores gravar. - diz apontando para onde está localizado o microfone no laptop XO.

α<54882>(0:00:54.9)PQ - Aí ó. Vai lá.

α<57560>(0:00:57.6)Al - Gravar som.

α<58961>(0:00:59.0)PQ - Tu clica e grita gol que ele vai gravar.
 α<61949>(0:01:01.9)A1 - Tu qué falar A2? - pergunta para a parceira.
 α<62869>(0:01:02.9)A2 - Quero!
 α<62950>(0:01:03.0)A1 - Gol!
 α<63752>(0:01:03.8)A2 - Gol!
 α<64509>(0:01:04.5)PQ - Não, mas tem que primeiro clicar no... pra gravar.
 O: outro PQ explica que tem que falzr pertinho do microfone e alto.
 α<65676>(0:01:05.7)A1 - Pera aí. Vem cá do nosso lado.
 α<67736>(0:01:07.7)O: a colega se posiciona ao lado, mais próxima do XO.
 α<73192>(0:01:13.2)A2 - Gooooool!
 α<75196>(0:01:15.2)PQ - Aí! Dá um stop agora.
 α<82382>(0:01:22.4)PQ - Tu tem que sempre começar a gravação e parar a gravação.
 α<85330>(0:01:25.3)PQ - Tu começa a gravação na bolinha, grita gol, e pára no quadradinho. Tá?
 O: enquanto o pesquisador explicava, a colega já preparava para clicar no botão de gravar som.
 α<88641>(0:01:28.6)A1 - Vai!
 α<89278>(0:01:29.3)A2 - Gooooool!
 α<91746>(0:01:31.7)PQ - Aí! Agora o seguinte ó: aqui ó, no lugar do número seis, tu coloca o microfone ali ó, que ele vai gritar o gol dela - aponta para o ícone que retorna o valor gravado pelo microfone, e para o comando que toca um som.
 α<100478>(0:01:40.5)A2 - Vai ir a minha voz?
 α<101855>(0:01:41.9)A1 - É.
 α<105314>(0:01:45.3)PQ - Experimenta agora. Dá um play aí.
 α<108375>(0:01:48.4)O: a aluna exetuta o procedimento do placar e passa a mão na frente do sensor de presença. O sistema emite, assim, o som gravado da voz gritando "gol".
 α<112868>(0:01:52.9)O: a dupla começa a rir ao ouvir a voz gravada. Experimentam outras vezes, mas nem sempre o som que saía era o da voz gravada. Algumas vezes o som tocado era o da biblioteca de sons pré-gravados do Globot.
 α<134999>(0:02:15.0)O: A2 agora pede que a colega grave a sua voz, e repetem o procedimento de gravação executado anteriormente.

Clip Keywords:

condutas : nivel B - exploração

Clip: Exploratoria05_S04_T31

Collection: condutas fase I > Nivel B - Exploratória

File: D:/20071204142042.mpg

Time: 0:00:00.0 - 0:00:50.3 (Length: 0:00:50.3)

Episode Transcript: 20071204142042

Clip Transcript:

α<0>(0:00:00.0)O: sensor de inclinação (tilt) não estava bem conectado, em função disso a programação não estava funcionando. Resolvido o problema, o PQ segue perguntando aos Ss sobre o funcionamento do modelo.
 α<2183>(0:00:02.2)PQ - O quê que aconteceu? - pergunta enquanto A1 inclina o protótipo para frente, como se o avião estivesse descendo.
 α<4161>(0:00:04.2)A1 - Aqui tá... baixou a velocidade.
 α<8405>(0:00:08.4)PQ - E se subir?
 α<11238>(0:00:11.2)PQ - Levanta mais ele pra subir. Vamos ver.
 α<12868>(0:00:12.9)PQ - Mais pra cima, vira mais pra cima, ó!
 α<15234>(0:00:15.2)O: os alunos inclinam o avião ao máximo para cima, como se estivesse subindo e observam o movimento da hélice, que aumentara.
 α<26768>(0:00:26.8)O: os alunos ficam experimentando as posições do avião, para baixo e para cima, verbalizando "aumenta... agora diminui..." (sic.)

Clip Keywords:

abstração empírica : nivel A - atividade perceptiva

condutas : nivel B - exploração

Clip: Exploratoria06_S04_T31

Collection: condutas fase I > Nivel B - Exploratória

File: D:/20071204152352.mpg

Time: 0:02:58.0 - 0:05:51.3 (Length: 0:02:53.2)

Episode Transcript: 20071204152352

Clip Transcript:

(0:02:58.0)O: ao final dessa sessão (4) vários grupos estavam experimentando modificações no programa, acrescentando voz e sons a programação, ou incrementando algumas modificações no modelo original do avião.

α<318882>(0:05:18.9)O: uma dupla de alunas mostra para uma professora o que montaram e como funcionava o programa.

α<326991>(0:05:27.0)O: essa mesma dupla gravou sua voz no XO dizendo seus nomes e programando o avião para que dissesse seus nomes quanto inclinasse para cima. Gravaram também o nome da professora para que o XO "falasse" seu nome quando o avião fosse, da mesma forma, inclinado para cima.

Clip Keywords:

condutas : nivel B - exploração

Collection: condutas fase I > Nivel B - Jogo

Collection Comment:

Condutas que revelam atividade lúdica

Clip: Jogo01_S02_T31

Collection: condutas fase I > Nivel B - Jogo

File: D:/20071120150107.mpg

Time: 0:00:04.7 - 0:02:29.7 (Length: 0:02:25.0)

Episode Transcript: DVD08_S02_T31J

Clip Transcript:

α<6471>(0:00:06.5)O: assim, montam rapidamente o programa indicado no guia de atividades no computador. O exemplo de programa envolvia dois procedimentos: um para controlar o movimento do goleiro e outro para controlar o "placar eletrônico" que mostrava o número de gols. Esses exemplos continham uma série de ícones/comandos, incluindo o "loop", que fazia com que os procedimentos fossem executados infinitamente.

Clip Keywords:

condutas : nivel B - jogo

Clip: Jogo02_S03_T31A

Collection: condutas fase I > Nivel B - Jogo

File: D:/20071127141558.mpg

Time: 0:01:11.0 - 0:03:58.5 (Length: 0:02:47.5)

Episode Transcript: 20071127141558

Clip Transcript:

(0:01:11.0)O: duas duplas dão início ao jogo "gol a gol". As regras foram combinadas a partir da orientação da professora. Os alunos deveriam anotar o número de gols e de defesas ou bolas fora.

Clip Keywords:

condutas : nivel B - jogo

Clip: Jogo02_S03_T31B

Collection: condutas fase I > Nivel B - Jogo

File: D:/20071127142047.mpg
Time: 0:00:00.0 - 0:01:40.7 (**Length:** 0:01:40.7)

Episode Transcript: 20071127142047

Clip Transcript:

α<593>(0:00:00.6)O: continuação da partida de "Gol a gol"
 α<86195>(0:01:26.2)O: o HUB do goleiro de uma das duplas, em função do bug dessa versão do Globot, perdeu a conexão com o motor. Assim, ao invés de o goleiro movimentar-se aleatoriamente para os lados, através da inversão do giro do motor, passou a girar somente num sentido. Esse movimento do motor apenas num sentido tornou o movimento do goleiro previsível. Apesar disso, nenhuma das duplas percebeu o fato.

Clip Keywords:

condutas : nível A - indiferenciações
 condutas : nível B - jogo

Clip: Jogo02_S03_T31C

Collection: condutas fase I > Nivel B - Jogo
File: D:/20071127142257.mpg
Time: 0:00:00.0 - 0:01:58.9 (**Length:** 0:01:58.9)

Episode Transcript: 20071127142257

Clip Transcript:

α<243>(0:00:00.2)O: (continuação...)
 α<2959>(0:00:03.0)O: o goleiro de uma das duplas permanece movimentando-se de forma previsível, com o motor girando a alavanca apenas num sentido.

Clip Keywords:

condutas : nível A - indiferenciações
 condutas : nível B - jogo

Collection: condutas fase I > Nivel B - Regulações

Collection Comment:

condutas que revelam regulações dos Ss em relação aos objetos e fenômenos

Clip: Regulacao01_S03_T31

Collection: condutas fase I > Nivel B - Regulações
File: D:/20071127150157.mpg
Time: 0:00:00.0 - 0:00:39.7 (**Length:** 0:00:39.7)

Episode Transcript: 20071127150157

Clip Transcript:

α<0>(0:00:00.0)O: uma dupla de alunos implementou uma mudança na figura do goleiro, colocando rodas no lugar dos pés. Quando questionados porque haviam colocado as rodas, disseram que era para que ficasse mais rápido. Além das rodas, ainda encaixaram outras peças nas "mãos" do goleiro.

Clip Keywords:

condutas : nível B - regulações

Collection: condutas fase I > Nivel B - Rotinas

Collection Comment:

Condutas que revelam ações com status de rotina

Clip: Rotina01_S03_T31

Collection: condutas fase I > Nivel B - Rotinas

File: D:/20071127142907.mpg
Time: 0:03:04.7 - 0:04:05.3 (**Length:** 0:01:00.6)

Episode Transcript: 20071127142907

Clip Transcript:

(0:03:04.7)O: uma das duplas que já havia realizado o procedimento de zerar o placar, e o PQ solicita que eles ensinem outra dupla como fazê-lo. Explica para os colegas quais os ícones/comandos que devem ser colocado sna tela para zerar o placar.

Clip Keywords:

condutas : nivel B - rotina

Clip: Rotina02_S04_T31

Collection: condutas fase I > Nivel B - Rotinas

File: D:/20071204142305.mpg
Time: 0:00:00.0 - 0:06:02.2 (**Length:** 0:06:02.2)

Episode Transcript: 20071204142305

Clip Transcript:

α<156968>(0:02:37.0)O: uma dupla que estava montando o gigante pergunta como se faz para "abaixar o gigante". O PQ solicita que eles olhem no livro. Os alunos já haviam montado o programa na tela do XO, porém montaram o segundo programa proposto na atividade e não o primeiro. O segundo programa acrescenta o controle do motor a partir do sensor de presença.

α<173135>(0:02:53.1)A1 - Ah, tem que fazer o bonequinho aqui, ó, passar na frente da luz para ele levantar.

α<177808>(0:02:57.8)A2 - Liga ali. - pede para o colega executar o programa.

α<181295>(0:03:01.3)A2 - Tem que ligá ali, meu.

α<184980>(0:03:05.0)O: A1 executa o programa, que começa a emitir o som de "ronco" do gigante. Ao mesmo tempo, A2 passa o bonequinho LEGO na frente do sensor de presença, mas nada acontece em relação ao movimento do gigante.

α<200643>(0:03:20.6)O: em seguida, os alunos alteram a ordem dos comandos no programa, puxando o comando que liga o motor para antes da posição do sensor.
 α<264596>(0:04:24.6)O: comparam o programa que montaram no XO com o primeiro programa proposto no livro.

α<284464>(0:04:44.5)A1 - Viu! Ô Sôr, cada um é uma coisa, Sôr?

α<287370>(0:04:47.4)PQ - ãh?

α<288095>(0:04:48.1)A1 - Tá diferente, ó. - mostrando as duas versões de programa propostos no livro.

α<290577>(0:04:50.6)PQ - Isso. Vocês comecem com anterior, ali.

α<292271>(0:04:52.3)PQ - Qual é o anterior?

α<294955>(0:04:55.0)A1 - O anterior... é esse aqui.

α<295658>(0:04:55.7)PQ - Esse aí vocês já fizeram?

α<301167>(0:05:01.2)PQ - Já fizeram esse aí?

α<303219>(0:05:03.2)A1 - Ah, tem que fazer todos eles?

α<305532>(0:05:05.5)PQ - Primeiro esse pra vocês entenderem como é que funciona.

α<310122>(0:05:10.1)O: os alunos começam a alterar excluindo o programa todo que estava na tela.

Clip Keywords:

condutas : nivel B - rotina

Collection: condutas fase I > Nivel B - Transformações de controle

Collection Comment:

condutas que revelam transformações de controle de nivel B (não compensadas)

Clip: TransfControle06_S04_T31**Collection:** condutas fase I > Nivel B - Transformações de controle**File:** D:/20071204142952.mpg**Time:** 0:00:00.0 - 0:04:21.5 (**Length:** 0:04:21.5)**Episode Transcript:** 20071204142952**Clip Transcript:**

α<146699>(0:02:26.7)O: a mesma dupla de alunos que anteriormente não conseguiu fazer funcionar o segundo programa do gigante, agora arranjou na tela o primeiro programa.

α<168573>(0:02:48.6)PQ - E aí? Funcionou?

α<172531>(0:02:52.5)A1 - Funcionou.

α<174807>(0:02:54.8)PQ - E se tu quiser deitar ele agora?

α<177848>(0:02:57.8)A1 - Não sei Sôr.

α<178397>(0:02:58.4)PQ - ãh?

α<179028>(0:02:59.0)A1 - Apertar aqui, girá isso aqui. - referindo-se a caixa de redução no protótipo, que acionava a alavanca que ergue o gigante.

α<180759>(0:03:00.8)PQ - Não... ó, pra vocês dois. Tô perguntando pros dois.

α<182836>(0:03:02.8)PQ - Olhem pra tela lá.

α<185496>(0:03:05.5)PQ - Olhem pra tela ali.

α<188294>(0:03:08.3)A2 - Aqui? - aponta para o ícone/comando que desliga o motor.

α<189687>(0:03:09.7)PQ - Reparem o seguinte ó... Qual daqueles ali... ó, presta a atenção...

α<193432>(0:03:13.4)PQ - Qual daqueles ali vocês acham que liga o motor para ele girar?

α<197731>(0:03:17.7)PQ - Mostra com o dedo ali.

α<198282>(0:03:18.3)O: A2 aponta corretamente para o ícone/comando que liga o motor no sentido horário.

α<198759>(0:03:18.8)PQ - Tá. E pra que lado que ele tá girando aí?

α<203176>(0:03:23.2)O: mostram com o dedo, girando no sentido horário.

α<203304>(0:03:23.3)A2 - Agora tem que botá esse aqui, ó. - aponta na tela para o ícone/comando que liga o motor no sentido anti-horário.

α<204969>(0:03:25.0)PQ - Experimenta.

α<212391>(0:03:32.4)A1 - Daí eu boto aqui? - o aluno coloca o comando logo depois do comando que liga o motor no sentido horário.

α<213223>(0:03:33.2)PQ - Isso. Mas daí tira o outro depois.

α<215080>(0:03:35.1)A1 - Qual?

α<217372>(0:03:37.4)PQ - O outro motor.

α<220199>(0:03:40.2)O: o aluno procede, então, conforme as orientações do PQ e troca o sentido dos motores.

α<236392>(0:03:56.4)O: os alunos executam o programa e o gigante lentamente cai deitado.

Clip Keywords:

condutas : nivel B - regulações

condutas : nivel B - transformações de controle

Clip: TransfControle09_S04_T31**Collection:** condutas fase I > Nivel B - Transformações de controle**File:** D:/20071204150549.mpg**Time:** 0:04:29.0 - 0:06:44.8 (**Length:** 0:02:15.8)**Episode Transcript:** 20071204150549**Clip Transcript:**

(0:04:29.0)O: uma dupla de alunas que construiu o gigante resolveu implementar alterações no programa que controlava o protótipo. Usando o segundo programa de exemplo que constava no guia de atividades, relataram que gostariam que a alavanca fizesse um movimento mais amplo, e não apenas erguesse o gigante, e que depois voltasse.

α<282654>(0:04:42.7)A - A idéia é que ela - a alavanca - fosse pra lá e voltasse.

α<284633>(0:04:44.6)A - Só que quando eu tive a idéia de botar pra ele voltar pra cá...
 α<289523>(0:04:49.5)A - ...aí ele não quiz ir pra lá nem pra cá.
 α<295714>(0:04:55.7)A - Ele só vem até aqui e volta.
 α<298250>(0:04:58.3)A - O certo é ele ir até lá e voltar - referindo-se a alavanca do gigante.
 α<303799>(0:05:03.8)PQ - Roda o programa que eu quero ver o que acontece.
 α<311439>(0:05:11.4)O: a aluna executa o programa, que faz com que o laptop emita o som de "ronco" do gigante, e quando a aluna passa o bonequinho no sensor, a alavanca ergue o gigante e, em seguida, desce.
 α<327164>(0:05:27.2)A - Só que aí ele começa a tremer aqui e solta. - referindo-se ao ponto de encaixe da base caixa de redução.
 O: isso acontece porque a alavanca, ao realizar o movimento de retorno, ultrapassa o limite da base, encostando no chão e desmontando-se.
 α<334383>(0:05:34.4)A - Isso aí que eu não entendi.
 α<335940>(0:05:35.9)PQ - Me explica uma coisa então, com o dedinho aqui...
 α<344000>(0:05:44.0)PQ - Me diz uma coisa, colocando o dedo ali na tela...
 α<348430>(0:05:48.4)PQ - ...me mostra qual daqueles ali vocês acham que faz ligar o motor pra ele girar.
 α<355441>(0:05:55.4)PQ - Qual daqueles ali vocês acham?
 α<360433>(0:06:00.4)O: o PQ aponta na tela cada um dos ícones e pergunta qual faz ligar o motor.
 α<372508>(0:06:12.5)O: uma das alunas aponta para o ícone "play", que executa todo o procedimento.
 α<374740>(0:06:14.7)A - Vai fazer ativar todos esses... - apontando para o ícone "play".
 α<378198>(0:06:18.2)PQ - E qual desses aqui, desses aqui todos que é o que vocês acham que faz o motor girar?
 α<382475>(0:06:22.5)O: a aluna aponta para o ícone que liga o motor no sentido horário.
 α<383874>(0:06:23.9)PQ - E pra que lado que gira com esse aí?
 α<385352>(0:06:25.4)A - Pra lá. - indicando com a mão o movimento no sentido horário.
 α<386972>(0:06:27.0)A - Esse é o que vem pra cá - apontando para o ícone/comando que gira o motor no sentido anti-horário.
 α<390627>(0:06:30.6)PQ - E depois dele ali, o quê que tem?
 α<393579>(0:06:33.6)A - O tempo.
 α<394280>(0:06:34.3)PQ - O tempo. Quanto tempo tem ali?
 α<397089>(0:06:37.1)A - Setenta segundos.
 α<399647>(0:06:39.6)PQ - Setenta segundos. Ah, então peraí que eu vou pegar meu cronômetro. Vamos cronometrar esse tempo?
 α<403729>(0:06:43.7)A - Vamo.

Clip Keywords:

00 - Processos gerais de adaptação : coordenções inferenciais
 00 - Processos gerais de adaptação : indagação
 condutas : nível B - regulações
 condutas : nível B - transformações de controle

Collection: condutas fase I > Nivel C - Reflexionamento

Collection Comment:

Condutas que revelam reflexionamento dos Ss

Clip: Reflexionamento01_S03_T31

Collection: condutas fase I > Nivel C - Reflexionamento

File: D:/20071127152541.mpg

Time: 0:01:16.5 - 0:05:45.1 (Length: 0:04:28.6)

Episode Transcript: 20071127152541

Clip Transcript:

(0:01:16.5)PQ - E alguém sabe como é que o goleiro se mexe, o quê que faz o

goleiro se mexer?

α<80367>(0:01:20.4)O: quase todos respondem que era o motor.

α<83476>(0:01:23.5)PQ - O motorzinho, ah, tem um motorzinho.

α<86567>(0:01:26.6)A3 - E não pode chutar a bola muito forte, se não passa muito rápido e não dá pra ver a bola.

α<97453>(0:01:37.5)PQ - Ah, muito rápido. E aí o sensor não pega?

α<100974>(0:01:41.0)A4 - O placar não pega. Não mostra os gols.

α<104064>(0:01:44.1)PQ - Ah, então vocês fizeram um goleiro e um placar?

α<106793>(0:01:46.8)O: os alunos concordam.

α<107806>(0:01:47.8)O: uma das alunas levanta o dedo para falar e o PQ consede a palavra.

α<109177>(0:01:49.2)A5 - Quando chegou a hora de ver os pontos, aí eu e a R. na primeira partida tinha 108...

α<117541>(0:01:57.5)A5 - ...depois 120, depois 122, depois 130.

α<120990>(0:02:01.0)PQ - Ahã. Tinham bastante, já, então.

α<123311>(0:02:03.3)A2 - É que elas não botaram o numerozinho 1 ali em baixo (do ícone que incrementava o valor a cada gol)...

α<127537>(0:02:07.5)PQ - Ah, ao invés do 1?

α<128284>(0:02:08.3)A5 - Num gol que a gente marcava já dava cento e poucos.

α<130799>(0:02:10.8)PQ - Bah, mas que número que tava ali então?

α<132441>(0:02:12.4)A2 - Elas botavam no 7 ali.

α<134241>(0:02:14.2)A5 - Não, botava no...

α<135245>(0:02:15.2)A3 - Ah, é.. É assim tipo... aconteceu comigo e com o F...

α<137477>(0:02:17.5)A3 - ...nós tava ganhando de... era bem assim ó... era seis a zero...

α<142912>(0:02:22.9)A3 - ...daí nós zeramos todo o placar, e nós fizemos o gol e ficou sete a zero, como se continuasse.

α<147893>(0:02:27.9)O: A2 comenta que o XO trancou de tanto que gravaram a voz.

α<159412>(0:02:39.4)PQ - Me expliquem melhor um pouquinho essa questão do robô, do goleiro se mexendo...

α<163910>(0:02:43.9)PQ - ...é um motorzinho então que fazia ele se mexer?

α<166191>(0:02:46.2)PQ - E o quê mais? O quê que tinha... Além do motorzinho, o quê que tinha?

α<170732>(0:02:50.7)A5 - Tinha umas peças debaixo dos pés que ele se movia.

α<173244>(0:02:53.2)A3 - Tinha umas rodinha para ele deslizar no chão.

α<176171>(0:02:56.2)A2 - Tinha tipo dumas rodinha que encaixam ali no motor que fica puxando ele pra lá e pra cá.

α<180382>(0:03:00.4)PQ - Ah, tinha uma coisa que ficava puxando?

α<182337>(0:03:02.3)A2 - É, encaixada no motor.

α<182980>(0:03:03.0)A6 - Era uma borracha - referente ao elástico da polia.

α<185387>(0:03:05.4)PQ - Uma borrachinha?

α<187188>(0:03:07.2)A2 - Uma roda verde (polia) e uma borrachinha amarela que ficava rodando e fazia ele fica pra lá e pra cá.

α<193161>(0:03:13.2)PQ - Isso não lembra nada pra vocês? Essa coisa duma rodinha com uma cordinha?

α<196143>(0:03:16.1)A3 - Ah! Filme de cinema.

α<199220>(0:03:19.2)PQ - Filme de cinema... que mais que lembra?

α<202798>(0:03:22.8)PQ - Eu sei que tem uma coisa que, inclusive, vocês andam na rua.

α<205817>(0:03:25.8)A7 - Bicicleta.

α<206773>(0:03:26.8)PQ - Aaaah, isso... Não parece?

α<210218>(0:03:30.2)O: vários alunos falam ao mesmo tempo que parecia a correia e o pneu.

α<211334>(0:03:31.3)PQ - A correia da bicicleta

α<213359>(0:03:33.4)O: uma aluna comenta da necessidade de estar ligado o cabo do HUB no XO, e que sem isso ele não funcionaria.

α<235930>(0:03:55.9)PQ - O quê que passava ali do XO por dentro daquele fio para fazer o goleiro se mexer?

α<242406>(0:04:02.4)PQ - O que será que passava ali, por dentro daquele fio? Alguém tem uma idéia?

α<246754>(0:04:06.8)A2 - Eu acho que tudo o que o laptop mandava ele fazer.

α<249218>(0:04:09.2)A2 - Assim, aquelas coisinhas que a gente botava ali no laptop.
 α<253549>(0:04:13.5)PQ - As coisinhas? Que cozinhas a gente botava?
 α<255298>(0:04:15.3)A2 - O coiso pra andar, o play, o coiso pra parar, pra zerar o tempo...
 α<262264>(0:04:22.3)PQ - Aquilo ali tudo fazia o...
 α<263837>(0:04:23.8)A2 - Ele fazia tudo que mandava ali.
 α<266020>(0:04:26.0)O: uma aluna comenta que também era possível parar no caso de alguma peça desmontar. Outros colegas de problemas com peças desconectando do corpo do goleiro.
 α<281755>(0:04:41.8)O: o PQ pergunta se o grupo gostou de brincar com o Globot, e o grupo responde que sim. Alguns comentam que gostaram mais de montar o goleiro que o chutador, pois este se mexia mais.
 α<310701>(0:05:10.7)PQ - E o quê que vocês acham que daria mais para fazer em sala de aula usando o Globot?
 α<315172>(0:05:15.2)A2 - Podia fazer um carro...
 α<317917>(0:05:17.9)A5 - Dava pra fazer casa...
 α<319315>(0:05:19.3)A3 - Avião!
 α<320741>(0:05:20.7)A1 - Dá pra fazer um... "helecoptero".
 α<323722>(0:05:23.7)A5 - Dá pra fazer bicicleta...
 α<325223>(0:05:25.2)A3 - Moto...
 α<325720>(0:05:25.7)PQ - E coisas que a gente tá estudando em sala de aula, será que daria pra fazer?
 α<328385>(0:05:28.4)A5 - Dá!
 α<328984>(0:05:29.0)PQ - Por exemplo, eu posso usar ele pra contar uma história?
 α<331654>(0:05:31.7)A2 - Pode! Daí vai fazendo os bonequinhos, os personagens.
 α<334377>(0:05:34.4)A5 - Vai ter que gravar ali o quê que tu qué que ele fale.
 α<337239>(0:05:37.2)PQ - Eu posso botar um cenário atrás, né? E fazer os bonequinhos se mexer.
 α<340260>(0:05:40.3)A2 - Aí tu bota ali... tu fala... tu grava a tua voz ali, daí ele vai falando através do bonequinho.

Clip Keywords:

condutas : nivel C - reflexionamento

Collection: condutas fase I > Nivel C - Transformações de controle

Collection Comment:

Condutas que revelam transformações de controle

Clip: TransfControle01_S04_T31

Collection: condutas fase I > Nivel C - Transformações de controle

File: D:/20071204144110.mpg

Time: 0:00:00.0 - 0:00:24.8 (Length: 0:00:24.8)

Episode Transcript: 20071204144110

Clip Transcript:

α<820>(0:00:00.8)O: os mesmos alunos que estavam explorando o movimento do gigante, complementaram o programa acrescentando ao final o comando que fazia o gigante "deitar". Esse comando revertia o movimento do motor, acionando a alavanca para descer.
 α<17540>(0:00:17.5)A - Aí agora ele desce sozinho.
 α<20334>(0:00:20.3)PQ - E ele desce sozinho agora?
 α<23408>(0:00:23.4)O: o protótipo do gigante desce automaticamente após ter sido erguido.

Clip Keywords:

condutas : nivel C - transformações de controle

Clip: TransfControle02_S04_T31**Collection:** condutas fase I > Nivel C - Transformações de controle**File:** D:/20071204145856.mpg**Time:** 0:00:00.0 - 0:02:54.2 (**Length:** 0:02:54.2)**Episode Transcript:** 20071204145856**Clip Transcript:**

α<95861>(0:01:35.9)O: uma dupla de alunos realizou uma modificação na construção do modelo. A partir do modelo original do livro, acrescentaram mais duas hélices e um sistema de roldanas e atilhos para transferir o movimento da hélice central (ligada ao motor) às hélices laterais (ligadas às asas).

O: acrescentaram também rodas no lugar dos esquis do projeto original.

α<117504>(0:01:57.5)PQ - Me explica uma coisa. Como é que vocês tiveram essa idéia aí?

α<121930>(0:02:01.9)A1 - Aqui eu comecei a colocar aqui, pra fazer tipo, só um engate pra fazer isso gira.

α<127398>(0:02:07.4)A1 - Gira sim, né, mas daí depois a gente pensou...

α<132232>(0:02:12.2)A1 - ...aí eu... o Leo "o quê que tu tá fazendo?"

α<134536>(0:02:14.5)A1 - Eu não sabia, aí eu falei "Ah, eu tô fazendo um engatezinho aqui

α<138576>(0:02:18.6)A1 - Aí a gente fez as hélice.

α<141849>(0:02:21.8)A2 - Daí ele disse "Pensa bem uma bolada"...

α<145612>(0:02:25.6)A2 - E eu disse "Vamos fazer uma roda!"

α<148268>(0:02:28.3)A2 - Aí a gente ficou inventando umas coisa.

α<152194>(0:02:32.2)PQ - A idéia era fazer uma roda e acabou saindo umas hélices ali?

α<156076>(0:02:36.1)A1 - Não. Primeiro assim, ó...

α<157824>(0:02:37.8)A1 - ...eu fui só pra botar o engate, daí a gente pegou essa daqui...

α<163674>(0:02:43.7)A1 - ...pediu emprestado e a gente copiou - apontando para a terceira hélice.

α<167081>(0:02:47.1)PQ - Ah, vocês pediram emprestado o elástico?

α<169372>(0:02:49.4)A2 - É.

α<169912>(0:02:49.9)A1 - E aqui a gente pegou, botamo uma aqui e a outra aqui. - apontando para as roldanas das hélices.

Clip Keywords:

condutas : nivel B - transformações exploratórias

condutas : nivel C - transformações de controle

Collection: Condutas não categorizadas**Collection Comment:**

This collection was created automatically to accept Quick Clips.

Clip: Simulacao01_S03_T31**Collection:** Condutas não categorizadas**File:** D:/20071127141317.mpg**Time:** 0:01:59.0 - 0:02:30.1 (**Length:** 0:00:31.1)**Episode Transcript:** 20071127141317**Clip Transcript:**

(0:01:59.0)O: duas duplas estavam se preparando para iniciar o "gol a gol". Antes, resolveram construir outros personagens e objetos para um cenário, como torcedores e câmeras.

Clip Keywords:

condutas : simulação

Clip: Simulacao02_S03_T31**Collection:** Condutas não categorizadas**File:** D:/20071127150157.mpg**Time:** 0:02:02.3 - 0:02:30.2 (**Length:** 0:00:27.9)**Episode Transcript:** 20071127150157**Clip Transcript:**

(0:02:02.3)O: a mesma dupla que colocou as rodas no goleiro, chamou o PQ e mosstraram que agora haviam colocado um "chapéu da faculdade" no goleiro usando peças do Lego.

Clip Keywords:

condutas : simulação

Clip: Simulacao03_S03_T31**Collection:** Condutas não categorizadas**File:** D:/20071127150630.mpg**Time:** 0:00:00.0 - 0:01:00.2 (**Length:** 0:01:00.2)**Episode Transcript:** 20071127150630**Clip Transcript:**

α<0>(0:00:00.0)O: o grupo de alunos que resolveu construir personagens e objetos para o cenário do jogo demonstra suas construções e inicia a partida.
 α<26993>(0:00:27.0)O: outro grupo que transformou alguns elementos. Além das rodas no lugar dos pés do goleiro, colocou peças representando "garras" nas mãos do goleiro. Comentaram que o goleiro estaria fazendo a "dança do siri".

Clip Keywords:

condutas : simulação

Clip: Simulacao04_S04_T31**Episode Transcript:** 20071204152352**Clip Transcript:**

(0:00:47.8)O: uma aluna realizou algumas modificações no modelo do avião.
 α<53800>(0:00:53.8)PQ - Deixa eu ver o que tu inventou aí?
 α<58285>(0:00:58.3)PQ - Quê que tu inventou aí?
 α<58926>(0:00:58.9)A - Aqui eu botei pra ele ficar sentado conforme vai virando, ele vai virando, mas não tá funcionando muito bem.
 O: a aluna colocou na parte superior do avião um assento para o "piloto", sendo que o assento era giratório e fazia com que o bonequinho girasse conforme a inclinação do avião.
 α<67380>(0:01:07.4)A - Daí esse daqui, que tem que vim de em pé, né.
 O: na parte traseira do avião acrescentou algumas peças Lego e encaixou um outro bonequinho.
 α<70937>(0:01:10.9)PQ - Quem é aquele ali? - referindo-se ao bonequinho anexado.
 α<72403>(0:01:12.4)A - Esse aqui...
 α<75900>(0:01:15.9)PQ - ãh?
 α<75984>(0:01:16.0)A - Esse aqui é o outro, que eles vão fazer uma entrega, essas coisas.
 α<81744>(0:01:21.7)PQ - E o quê que é essa coisinha que gira aí?
 α<83328>(0:01:23.3)A - Isso aqui... é um... como é que é...
 α<89945>(0:01:29.9)A - É... tipo um motor...
 α<91586>(0:01:31.6)PQ - Ah, tipo um motor.
 α<93600>(0:01:33.6)A - Aí eles tem que entregar em outro lugar.
 α<97263>(0:01:37.3)A - Aí esse tem que ficar de em pé, porque esse aqui ficou muito tempo sentado.
 α<103116>(0:01:43.1)A - Aí aqui tem as coisinhas que ele vai apertando...
 α<106086>(0:01:46.1)PQ - O quê que é isso aí?
 α<107196>(0:01:47.2)A - Aqui é os botão pra ele controlar o...
 α<110834>(0:01:50.8)PQ - Ahã. Pra controlar o avião.

α<111522>(0:01:51.5)A - É.
 α<112738>(0:01:52.7)A - Ah, e aqui tem umas luzinhas, que eu montei... -
 referindo-se às pontas das asas.
 α<117318>(0:01:57.3)A - Isso aqui também é uma parte das luzes.
 α<129695>(0:02:09.7)O: um outro aluno solicitou ajuda com relação a
 programação.
 α<131731>(0:02:11.7)A - Daí aqui é a... pro avião poder... Aqui é a parte da
 bateria do avião...
 α<138443>(0:02:18.4)PQ - Ahã.
 α<140535>(0:02:20.5)A - E do outro lado também tem.
 α<143401>(0:02:23.4)PQ - Legal.
 α<145575>(0:02:25.6)PQ - Bacana.
 α<148855>(0:02:28.9)A - E aqui é pra quando eles tiver com sono deitá aqui.
 α<155468>(0:02:35.5)PQ - Ah, isso é pra deitar?
 α<156501>(0:02:36.5)A - É. Aí o outro dirige.
 α<160716>(0:02:40.7)PQ - Legal.

Clip Keywords:

condutas : simulação

Summary

00 - Processos gerais de adaptação : coordenações inferencia	10
0:13:49.0	
00 - Processos gerais de adaptação : indagação	2
0:02:37.9	
abstração empírica : nível A - atividade perceptiva	1
0:00:50.3	
abstração empírica : nível B - atividade exploratória	1
0:02:51.8	
condutas : nível A - indiferenciações	12
0:33:49.7	
condutas : nível B - exploração	6
0:13:42.1	
condutas : nível B - jogo	4
0:08:52.2	
condutas : nível B - regulações	3
0:07:17.1	
condutas : nível B - rotina	2
0:07:02.8	
condutas : nível B - transformações de controle	2
0:06:37.3	
condutas : nível B - transformações exploratórias	1
0:02:54.2	
condutas : nível C - reflexionamento	1
0:04:28.6	
condutas : nível C - transformações de controle	2
0:03:18.9	
condutas : simulação	4
0:04:04.6	

Clips: 38
1:20:40.5

Total Time:

Collection Name	Clip Name	Media File	Clip Start	Clip End	Clip Length (seconds)
condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais	Antecipatoria01_S01_T31	D:/20071113143211(1).mpg	09:31,8	11:21,2	109,346
condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais	Antecipatoria02_S01_T31	D:/20071113143211(2).mpg	06:14,1	07:13,9	59,826
condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais	Antecipatoria03_S02_T31	D:/20071120135147.mpg	05:28,2	05:56,0	27,834
condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais	Antecipatoria04_S04_T31	D:/20071204134952.mpg	02:39,0	03:07,3	28,295
condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais	Antecipatoria05_S04_T31	D:/20071204134952.mpg	04:56,6	06:15,7	79,103
condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais	Antecipatoria06_S04_T31	D:/20071204134952.mpg	13:52,7	15:13,6	80,913
condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais	Antecipatoria07_S04_T31	D:/20071204140857.mpg	00:00,0	01:58,1	118,135
condutas fase I > 00 - Coordenações Inferenciais	Antecipatoria08_S04_T31	D:/20071204145856.mpg	02:54,8	03:11,3	16,556
condutas fase I > Nivel B - Exploratória	Exploratoria01_S02_T31	D:/20071120135818.mpg	01:06,3	03:59,4	173,159
condutas fase I > Nivel B - Exploratória	Exploratoria02_S03_T31	D:/20071127140037.mpg	06:45,9	10:08,5	202,559
condutas fase I > Nivel B - Exploratória	Exploratoria03_S04_T31	D:/20071204140857.mpg	09:28,5	10:30,5	62,032
condutas fase I > Nivel B - Exploratória	Exploratoria04_S03_T31	D:/20071127143339.mpg	00:01,1	02:41,9	160,786
condutas fase I > Nivel B - Exploratória	Exploratoria05_S04_T31	D:/20071204142042.mpg	00:00,0	00:50,3	50,346
condutas fase I > Nivel B - Exploratória	Exploratoria06_S04_T31	D:/20071204152352.mpg	02:58,0	05:51,3	173,212
condutas fase I > 00 - Indagações	Indagacao01_S04_T31	D:/20071204140736.mpg	00:00,0	00:22,0	22,042
condutas fase I > Nivel A - Indiferenciadas	Indiferenciada01_S01_T31	D:/20071113143211(1).mpg	11:21,2	14:12,2	171,021
condutas fase I > Nivel A - Indiferenciadas	Indiferenciada02_S02_T31	D:/20071120140554.mpg	00:18,4	03:10,2	171,821
condutas fase I > Nivel A - Indiferenciadas	Indiferenciada03_S03_T31	D:/20071127141558.mpg	00:00,0	01:11,0	71,039
condutas fase I > Nivel A - Indiferenciadas	Indiferenciada04_S03_T31	D:/20071127145218.mpg	00:00,0	01:03,1	63,135
condutas fase I > Nivel A - Indiferenciadas	Indiferenciada05_S03_T31	D:/20071127150943.mpg	00:00,0	05:35,7	335,663
condutas fase I > Nivel A - Indiferenciadas	Indiferenciada06_S04_T31	D:/20071204134952.mpg	05:28,5	11:41,0	372,539
condutas fase I > Nivel A - Indiferenciadas	Indiferenciada07_S04_T31	D:/20071204144804.mpg	00:00,0	03:07,0	187,046
condutas fase I > Nivel B - Jogo	Jogo01_S02_T31	D:/20071120150107.mpg	00:04,7	02:29,7	145,04
condutas fase I > Nivel B - Jogo	Jogo02_S03_T31A	D:/20071127141558.mpg	01:11,0	03:58,5	167,484
condutas fase I > Nivel B - Jogo	Jogo02_S03_T31B	D:/20071127142047.mpg	00:00,0	01:40,7	100,698
condutas fase I > Nivel B - Jogo	Jogo02_S03_T31C	D:/20071127142257.mpg	00:00,0	01:58,9	118,941
condutas fase I > Nivel C - Reflexionamento	Reflexionamento01_S03_T31	D:/20071127152541.mpg	01:16,5	05:45,1	268,561
condutas fase I > Nivel B - Regulações	Regulacao01_S03_T31	D:/20071127150157.mpg	00:00,0	00:39,7	39,731
condutas fase I > Nivel B - Rotinas	Rotina01_S03_T31	D:/20071127142907.mpg	03:04,7	04:05,3	60,55
condutas fase I > Nivel B - Rotinas	Rotina02_S04_T31	D:/20071204142305.mpg	00:00,0	06:02,2	362,244
Condutas não categorizadas	Simulacao01_S03_T31	D:/20071127141317.mpg	01:59,0	02:30,1	31,11

Condutas não categorizadas	Simulacao02_S03_T31	D:/20071127150157.mpg	02:02,3	02:30,2	27,913
Condutas não categorizadas	Simulacao03_S03_T31	D:/20071127150630.mpg	00:00,0	01:00,2	60,199
Condutas não categorizadas	Simulacao04_S04_T31	D:/20071204152352.mpg	00:47,8	02:53,1	125,351
condutas fase I > Nivel C - Transformações de controle	TransfControle01_S04_T31	D:/20071204144110.mpg	00:00,0	00:24,8	24,75
condutas fase I > Nivel C - Transformações de controle	TransfControle02_S04_T31	D:/20071204145856.mpg	00:00,0	02:54,2	174,174
condutas fase I > Nivel B - Transformações de controle	TransfControle06_S04_T31	D:/20071204142952.mpg	00:00,0	04:21,5	261,489
condutas fase I > Nivel B - Transformações de controle	TransfControle09_S04_T31	D:/20071204150549.mpg	04:29,0	06:44,8	135,831