

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

MARIA INÊS CASTILHO

HIPEROBJETOS DA ROBÓTICA EDUCACIONAL
COMO FERRAMENTAS PARA O DESENVOLVIMENTO
DA ABSTRAÇÃO REFLEXIONANTE E DO
PENSAMENTO COMPUTACIONAL

Porto Alegre

2018

MARIA INÊS CASTILHO

HIPEROBJETOS DA ROBÓTICA EDUCACIONAL
COMO FERRAMENTAS PARA O DESENVOLVIMENTO
DA ABSTRAÇÃO REFLEXIONANTE E DO
PENSAMENTO COMPUTACIONAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Informática na Educação.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Léa da Cruz Fagundes

Coorientador:

Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi

Linha de Pesquisa:

Interfaces digitais em educação, arte, linguagem e cognição.

Porto Alegre

2018

CIP - Catalogação na Publicação

Castilho, Maria Inês
Hiperobjetos da robótica educacional como
ferramentas para o desenvolvimento da abstração
reflexionante e do pensamento computacional. / Maria
Inês Castilho. -- 2018.

213 f.

Orientadora: Léa da Cruz Fagundes.

Coorientador: Rafael Peretti Pezzi.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Centro de Estudos Interdisciplinares em
Novas Tecnologias na Educação, Programa de
Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto
Alegre, BR-RS, 2018.

1. abstração reflexionante. 2. pensamento
computacional. 3. robótica educacional. 4.
hiperobjetos. 5. educação. I. Fagundes, Léa da
Cruz, orient. II. Pezzi, Rafael Peretti, coorient.
III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



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 SOBRE A DEFESA DE TESE DE DOUTORADO
MARIA INÊS CASTILHO**

Às quatorze horas do dia dezesseis de outubro de dois mil e dezoito, na sala 329 do PPGIE/CINTED, nesta Universidade, reuniu-se a Comissão de Avaliação, composta pelos Professores Doutores: Marcus Vinícius de Azevedo Basso, Rafael Vasques Brandão e Milton Thiago Schivani Alves, para a análise da defesa de Tese de Doutorado intitulada **“Hiperobjetos da Robótica Educacional como Ferramentas para o Desenvolvimento da Abstração Reflexionante e do Pensamento Computacional”**, da doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação Maria Inês Castilho, sob a orientação da Profª. Drª. Léa da Cruz Fagundes e coorientação do Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi.

A Banca, reunida, após a apresentação e arguição, emite o parecer abaixo assinalado.

- Considera a Tese aprovada
 sem alterações;
 sem alterações, com voto de louvor;
 e recomenda que sejam efetuadas as reformulações e atendidas as sugestões contidas nos pareceres individuais dos membros da Banca;

Considera a Tese reprovada.

Considerações adicionais (a critério da Banca):

Profª. Drª. Léa da Cruz Fagundes
Orientadora

Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi
Coorientador

Prof. Dr. Marcus Vinícius de Azevedo Basso
PPGIE/UFRGS

Prof. Dr. Rafael Vasques Brandão
CAP/UFRGS

Prof. Dr. Milton Thiago Schivani Alves
DFTE/UFRN

Dedico essa obra ao meu filho
Igor Castilho.

*“O desejo de construir algo está
dentro de nós. O nosso interior faz o
despertar para a concretização da obra.”*

AGRADECIMENTOS

À minha querida orientadora Prof^a Dr^a Léa da Cruz Fagundes, por me fazer levantar questionamentos, ver possibilidades de ação e aprofundar conhecimentos que não imaginava possíveis. Conviver com a sua sabedoria, grandiosidade e benevolência foi a maior conquista desta caminhada.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, pelo carinho, pela acolhida no Centro de Tecnologias Acadêmicas - CIA e pela imersão nas tecnologias livres e abertas.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação. Todos com os quais convivi foram, de alguma forma, importantes para o desenvolvimento dessa tese. Seus conhecimentos e a forma como me levaram a reestruturar meu pensamento foram fundamentais para o que apresento aqui.

Ao meu marido Alípio Leites Castilho (in memoriam), meu parceiro de emoções, que sempre incentivou minha caminhada e minha independência de pensamento.

Ao meu filho Igor Castilho, pelo carinho e companheirismo nos momentos difíceis dessa trajetória e pelos momentos de descontração e alegrias que sabemos compartilhar juntos.

Às minhas sobrinhas, Márcia Castilho Puchalski, Aline Goldaz Szezewczynski e Mitise Szezewczynski Trzeciak pelo apoio incondicional em todos momentos difíceis e a certeza de poder contar com o carinho de vocês.

A todos meus alunos. Em especial, a Franco Ripoll Leite, Omar Balbuena Neto e Luis Fernando Parizi que, em 1999, me permitiram um questionamento em relação aos meus conhecimentos. Foram eles que me levaram a estudar e me apaixonar pela robótica.

À querida colega de doutoramento, Karen Selbach Borges, que soube como ninguém, me fazer voltar a trabalhar na tese quando meu desânimo se instalou. Sua amizade, dinamismo e grandes ideias são valores que quero compartilhar para sempre.

Ao Prof. Dr. André Peres, coordenador do POA Lab, do Instituto Federal de Ciência e Educação, campus Porto Alegre, pela disponibilização do espaço para realização dos cursos Robótica para Adolescente.

À Prof^a. Dr^a. Carolina Brito, do projeto Meninas na Ciência, do Instituto de Física da UFRGS, que oportunizou a instalação de Laboratório de Robótica numa escola pública estadual e no qual os alunos desenvolvem projetos.

RESUMO

A compreensão da forma como o aluno aprende deve ser um dos conhecimentos fundamentais de todo profissional da educação. Sabedor dessa importante particularidade e associando isso ao fato de que vivemos numa sociedade informacional, é preciso pensar sobre estratégias de motivar o sujeito para que a aprendizagem ocorra, porque a informação está disponível, mas há insegurança e despreparo no tratamento que a ela é dado. Com base nesses pressupostos e na teoria cognitiva de Jean Piaget, no construcionismo de Seymour Papert e na ecologia cognitiva de Pierre Lévy, foram realizadas atividades utilizando os hiperobjetos da robótica educacional, com a finalidade de pesquisar sobre o desenvolvimento da abstração reflexionante e do pensamento computacional em alunos adolescentes de escolas da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Jean Piaget apresenta a construção das estruturas cognitivas como uma necessidade intrínseca do próprio organismo humano e, toda vez que este está sob uma desestruturação momentânea, faz a regulação por sucessivos processos de assimilações e acomodações, culminando com uma reestruturação, que é sempre provisória. Esse processo é sempre desencadeado por um questionamento, uma dúvida, uma necessidade de conhecimento, que se efetiva por abstrações reflexionantes, ou seja, refletir na ação sobre um objeto ou sobre as próprias abstrações. Logo, a importância da abstração reflexionante associada ao processo do pensamento computacional, que envolve habilidades de formulação e resolução de problemas, em tempos de tecnologias digitais, são os temas principais dessa tese. As atividades de pesquisa, iniciaram pela determinação dos estágios de desenvolvimento cognitivo dos participantes, segundo as provas de Longeot, considerando que a abstração reflexionante evolui, da infância até a idade adulta, conforme evolui esses níveis cognitivos. Em seguida, foi analisado o desempenho dos participantes em atividades que envolvem o desenvolvimento de projetos de robótica livre. Primeiramente, aplicando-se o pensamento computacional em práticas de robótica, se construiu luminárias de LEDs piscantes em alternância organizada e se analisou as habilidades de cada participante antes e depois de um período de oficinas regulares de robótica educacional na escola. Posteriormente, a análise foi realizada sobre dados coletados durante a realização de desafios propostos, num espaço de fabricação digital, um Fab Lab, que envolvia projetos mais elaborados, com motores, sensores, o microcontrolador Arduino, máquinas de impressão 3D, cortadora a laser e outras máquinas e ferramentas. Ao final, foi possível verificar que a abstração reflexionante e as habilidades do pensamento computacional foram evidenciadas no desenvolvimento de projetos de robótica, quando adequadamente encaminhadas em atividades de resolução de problemas que demandam uso e criação de hiperobjetos. As práticas que envolvem construção de hiperobjetos de robótica educacional são essencialmente fornecedoras de “problemas a resolver” e, numa sociedade em que temos possibilidades de acesso ampliado à informação, elas se mostram adequadas a aplicação e desenvolvimento do pensamento computacional, não necessitando de conhecimento prévio em robótica para, a partir dessa ferramenta, desenvolver coleta, análise e organização de dados, decomposição de problemas, pensamento algorítmico, simulação, automação, paralelismo e/ou generalização. E ainda, a abstração reflexionante é própria do sujeito cognoscente e é a base de todas as habilidades do pensamento computacional e não somente uma das habilidades desse processo e, quanto mais elevado o estágio cognitivo em que se encontra o sujeito, mais facilidade de aplicação do pensamento computacional para formular e resolver problemas.

Palavras-chaves: *abstração reflexionante, pensamento computacional, robótica educacional, hiperobjetos, educação.*

ABSTRACT

Understanding how students learn must be one of the fundamental abilities of every professional working in education. Knowing this vital particularity and associating it with the fact that we live in an informational society, we need to think about strategies to motivate each individual so that learning occurs, because the information is available, but there are insecurities and unpreparedness in the treatment that is given to it. Based on these assumptions and the cognitive theory of Jean Piaget, in the construction of Seymour Papert and the cognitive ecology of Pierre Lévy, activities were carried out using hyperobjects of educational robotics, with the purpose of researching on the development of reflective abstraction and computational thinking in adolescent students of schools in Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Jean Piaget presents the construction of cognitive structures as an intrinsic necessity of the human organism and, whenever this is under a momentary disruption, regulates by successive processes of assimilations and accommodation, culminating on a restructuring, which is always provisional. This process is always triggered by questioning, a doubt, a need for knowledge, which is affected by reflective abstractions, that is, think over action on an object or the abstractions themselves. Therefore, the importance of the reflective abstraction associated with the process of computational thinking, which involves problem formulation and problem-solving skills, in times of digital technologies, are the central themes of this thesis. The research activities began by determining the stages of cognitive development of each participant, according to the Longeot tests, considering that reflexive abstraction evolves from childhood to adulthood as these cognitive levels. Then, the performance of participants in activities involving the development of free robotics projects were analyzed. Firstly, by applying computational thinking to robotics practices, flashing LED lamps were constructed, and were analyzed the abilities of each participant before and after a period of regular educational robotics workshops at the school. Later, was performed the analysis on data collected during the proposed challenges, in a digital manufacturing space, a FabLab, that involved more elaborate projects, with motors, sensors, the Arduino microcontroller, 3D printing machines, laser cutter and other machines and tools. In the end, it was possible to verify that the reflective abstraction and were evidenced the computational thinking skills in the development of robotic projects, when properly used in problems resolution activities that request for usage and creation of hyperobjects. Practices that involve the construction of educational robotics hyperobjects are essential suppliers of "problems to be solved" and, in a society which we have possibilities of expanded access to information, they are adequate to the application and development of computational thinking, not requiring prior knowledge in robotics to develop data collection, analysis and organization, problem decomposition, algorithmic thinking, simulation, automation, parallelism and/or generalization. Moreover, reflective abstraction is characteristic of the cognoscenti subject and is the basis of all computational thinking skills and not only one of the skills of this process and the higher the cognitive stage in which the individual is, the easier the application of computational thinking to formulate and solve problems.

Keywords: *reflective abstraction, computational thinking, educational robotics, hyperobjects, education.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	19
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	20
2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS.....	22
2.1 A PSICOLOGIA COGNITIVA, SEGUNDO JEAN PIAGET.....	22
2.2 O PENSAMENTO COMPUTACIONAL: Análise do processo.....	38
2.2.1 Coleta, análise e representação dos dados.....	40
2.2.2 Decomposição de problemas.....	41
2.2.3 Automação.....	42
2.2.4 Algoritmo.....	43
2.2.5 Simulação.....	44
2.2.6 Depuração.....	45
2.2.7 Paralelismo e/ou Generalização.....	46
2.2.8 Pensamento computacional na educação.....	48
2.2.9 A necessidade de abstração reflexionante para gerir o pensamento computacional.....	49
2.3 ROBÔ e ROBÓTICA: Da história às aplicações.....	52
2.3.1 Uma análise da robótica sob perspectiva educacional.....	55
2.3.2 Robótica Educacional: como tudo começou.....	58
2.3.3 Principais Kits de robótica disponíveis no mercado.....	61
2.3.4 Robótica Educacional Livre.....	65
2.3.5 Movimento de robótica livre e a placa Arduino.....	68
2.3.6 Hiperobjeto: Uma evolução do conceito de objeto físico.....	74
3 MÉTODO DE PESQUISA.....	84
3.1 APLICAÇÃO DAS PROVAS DE LONGEOT.....	88
3.1.1 Prova das operações formais: A lógica de proposições.....	91
3.1.2 Prova das operações formais de probabilidades.....	91
3.1.3 Prova das operações formais de combinatória.....	92
3.2 CONSTRUINDO LUMINÁRIAS:.....	92
3.2.1 Etapa Inicial:.....	92
3.2.2 Etapa Intermediária:.....	93
3.2.3 Etapa Final:.....	94
3.3 CURSO ROBÓTICA PARA ADOLESCENTES.....	94
4 COLETA E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	96
4.1 PROVAS DE LONGEOT.....	96
4.1.1 Análise preliminar das provas aplicadas no Construindo Luminárias.....	99
4.1.2 Análise preliminar das provas aplicadas nos cursos Robótica para Adolescentes.....	99
4.2 CONSTRUINDO LUMINÁRIAS.....	101
4.2.1 Etapa Inicial.....	101
4.2.1.1 Diálogos referentes a formulação e decomposição do problema.....	102
4.2.1.2 Diálogo referente a automação.....	106
4.2.1.3 Diálogo referente a simulação.....	109
4.2.1.4 Algoritmos: sequências lógicas e ordenadas.....	112
4.2.1.5 Diálogo referente a coleta, análise e organização de dados.....	114
4.2.1.6 Diálogo referente a paralelismo/generalização.....	116
4.2.2 Etapa Final.....	119
4.2.3 Comparação entre os dados obtidos.....	124
4.3 CURSO ROBÓTICA PARA ADOLESCENTES.....	127
4.3.1 Análise de diálogos e ações.....	129
4.3.2 Análises gerais.....	137
4.4 Análise comparativa entre as atividades desenvolvidas e as provas de Longeot.....	151
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	154
5.1 Conclusões.....	155
5.2 A ubiquidade do hiperobjeto na pesquisa e perspectivas futuras.....	159
REFERÊNCIAS.....	163

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Robô Omar IV.....	16
Figura 2: Mapa conceitual dos estágios do desenvolvimento cognitivo.....	28
Figura 3: Relação entre as abstrações empírica e reflexionante, dos primeiros anos de vida até a idade adulta.....	33
Figura 4: O pensamento computacional, suas habilidades e a relação destas com a abstração reflexionante.....	52
Figura 5: "Logo's Yellow Turtle" - Primeiro robô educacional.....	59
Figura 6: Modelos da Robot Roamer, desde 1989 até os dias atuais.....	60
Figura 7: Exemplo de programação na linguagem Logo.....	60
Figura 8: Kits Lego Mindstorms – versões RCX, NXT e EV3.....	62
Figura 9: Exemplo de programação, na versão EV3, do Lego Mindstorms.....	62
Figura 10: Kit de robótica educacional Fischertechnik e software de programação.....	63
Figura 11: Código de programação no Scratch.....	64
Figura 12: Robôs Edbot e vista da programação num software adaptado do Scratch.....	64
Figura 13: Plataforma de prototipação Arduino UNO.....	70
Figura 14: Parte de uma protoboard e dois tipos de jumpers.....	71
Figura 15: Esquemático de dois LEDs ligados em série.....	72
Figura 16: Circuito elétrico com 2 LEDs, em série, na protoboard.....	72
Figura 17: Código de programação no IDE do Arduino.....	73
Figura 18: Código de programação em blocos, no S4A.....	74
Figura 19: Conceito de Hiperobjeto.....	83
Figura 20: Uma questão da prova de Longeot.....	90
Figura 21: Exemplo da decomposição de um problema.....	103
Figura 22: LEDs dispostos em MDF, como simulação da luminária.....	110
Figura 23: Circuito elétrico de LEDs da simulação da luminária.....	110
Figura 24: Esquema da programação do acendimento de LEDs.....	113
Figura 25: Decomposição do problema do participante L07 - etapa 02.....	120
Figura 26: Simulação, em protoboard, da luminária do participante L07.....	122
Figura 27: Depuração durante simulação com circuito de LEDs.....	122
Figura 28: Uso de fita adesiva para marcar pontos numa circunferência.....	123
Figura 29: Luminária de LED - etapa 2.....	124
Figura 30: Esboço inicial do projeto “Herói”.....	137
Figura 31: Simulação do circuito dos três sensores, em protoboard.....	138
Figura 32: Sensores prontos para uso no “Carro Herói” e detalhe o lado.....	139
Figura 33: Sensores ópticos em seus locais definitivos, no “Carro Herói”.....	139
Figura 34: Carro “O Herói” sobre a pista.....	140
Figura 35: Projeto inicial do “AutoCofre”.....	141
Figura 36: Deslocamento do ponto de apoio, por adição de parede dupla.....	142
Figura 37: AutoCofre com acionamento por sensor ultrassônico.....	142
Figura 38: Vista de frente do "Carro Autônomo".....	143
Figura 39: Vista interna do "Carro Autônomo".....	143
Figura 40: Roda de apoio - Suporte impresso em 3D.....	144
Figura 41: Roda impressa em 3D.....	145

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Habilidades do pensamento computacional, segundo a Associação dos Professores da Ciência da Computação.....	32
Tabela 2: Características técnicas da placa de prototipação Arduino.....	61
Tabela 3: Cronograma temporal das licenças de software livre, conteúdos livres e hardware abertos e suas autorias.....	71
Tabela 4: Dados coletados a partir do teste de Longeot, em três diferentes escolas.....	87
Tabela 5: Dados dos participantes do projeto Construindo Luminárias, segundo provas de Longeot..	88
Tabela 6: Dados dos participantes dos cursos Robótica para Adolescentes, segundo as provas de Longeot.....	89
Tabela 7: Avaliação de cada habilidade do pensamento computacional enquanto aplicadas durante o desenvolvimento da luminária – etapa 1.....	109
Tabela 8: Avaliação de cada habilidade do pensamento computacional enquanto aplicadas durante o desenvolvimento da luminária – etapa 2.....	109
Tabela 9: Cronograma de atividades dos cursos Robótica para Adolescentes.....	111
Tabela 10: Exemplos de perguntas dirigidas para provocar diálogos referentes as habilidades do pensamento computacional.....	113
Tabela 11: Dados gerais dos participantes da pesquisa, segundo as provas de Longeot	147
Tabela 12: Estágios operatórios e o desempenho nas atividades.....	148

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Análise percentual referente aos níveis operatórios de alunos de três escolas.....	96
Gráfico 2: Análise percentual referente aos níveis operatórios de alunos de duas escolas que não fazem seleção de acesso ao primeiro ano do ensino médio.....	97
Gráfico 3: Análise percentual dos estágios cognitivos dos participantes do projeto “Construindo Luminárias”.....	98
Gráfico 4: Análise percentual dos estágios cognitivos dos participantes dos cursos “Robótica para Adolescentes”.....	99
Gráfico 5: Análise dos dados referente a decomposição do problema – Luminárias - etapa 1.....	104
Gráfico 6: Análise dos dados referente a automação – Luminárias - etapa 1.....	107
Gráfico 7: Análise dos dados referente a simulação – Luminárias - etapa 1.....	110
Gráfico 8: Análise dos dados referente a algoritmos – Luminárias - etapa 1.....	112
Gráfico 9: Análise dos dados referente a coleta, análise e organização – Luminárias - etapa 1.....	114
Gráfico 10: Análise dos dados referente a paralelismo – Luminárias - etapa 1.....	117
Gráfico 11: Estudo comparativo de evolução das habilidades cognitivas referentes ao projeto Construindo Luminárias.....	126

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CERN	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire
BASIC	Beginner's All Purpose Symbolic Instruction Cod
2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
CSTA	Computer Science Teachers Association
ISTE	International Society for Technology in Education
STEM	Science, Technology, Engineering e Mathematics
PET	Polietileno tereftalato
LED	Light Emitting Diode
R.U.R.	Rossum's Universal Robots
RGB	Red, Green, Blue
MIT	Massachusetts Institute of Technology
CC BY-SA	Creative Commons com Atribuição-Compartilha Igual
USB	Universal Serial Bus
ICSP	In System Chip Programming
SRAM	Static Random Access Memory
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
V	Volts
mA	miliampère
KB	quilobyte
MHz	megahertz
mm	milímetro
g	grama
PWM	Pulse Width Modulation
IDE	Integrated Development Environment
GND	Graduated Neutral Density Filter
S4A	Scratch for Arduino
Wi-Fi	Wireless Fidelity
RW	Read / Write
RO	Read / Only
FAB LAB	Fabrication Laboratory
MDF	Medium Density Fiberboard

“Só a interação constrói conhecimento”

Léa Fagundes (2011)

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia faz parte do cotidiano de todos, há bastante tempo. Das ferramentas de pedra lascada até a idade moderna, a evolução é evidente e contribuiu para a formação do homem social. Mas foi nos últimos anos da história contemporânea, com a inclusão da tecnologia digital, que houve a aceleração do processo de desenvolvimento, em todos os setores, e a própria tecnologia tem se aprimorado de forma exponencial. Desde 1993, quando o cientista britânico Berners-Lee, trabalhando no *CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire)*, inventou e disponibilizou a *world wide web (www)* em domínio público, as informações estão amplamente disponíveis e novas formas de aprendizagem surgiram. De acordo com Castells (2003), emerge uma nova era, a transformação de sociedade da informação, que se fundamentava na transmissão da informação, para sociedade informacional, um tipo específico de organização social em que a geração, o conhecimento e a transmissão da informação tornam-se fontes fundamentais de empoderamento e produtividade.

Estamos vivendo a era informacional e, segundo pesquisa realizada por Tarouco, Abreu & Alves (2017), a geração estudantil está familiarizada com uso de tecnologias de informação e comunicação e o acesso à Internet pelos jovens, se faz, na maioria das vezes, mediante o uso do celular, que permitem outras funcionalidades além de transmissão de voz. Em relação aos professores, os mesmos autores afirmam que mais da metade deles costuma levar o computador portátil ou *tablet* para a sala de aula e os motivos mais expressivos para carregar consigo esses dispositivos, são exibir conteúdos da Internet para os alunos, assim como pesquisar conteúdo/ imagens ou vídeos para usar em sala de aula.

No entanto, num cenário onde os jovens têm acesso a diferentes meios de comunicação e informação, principalmente o acesso à Internet, percebe-se que o uso e a transformação de parte desse material informacional se dá de forma não orientada e, na maioria das vezes, sem reflexão sobre os dados disponíveis.

O pensamento reflexivo exige abstração e o nível destas abstrações depende de cada indivíduo. Para o sujeito ávido por desvendar e apurar resultados, capaz de formular e elucidar problemas, de produzir os mais diferentes produtos por si mesmo, a sociedade informacional é onde se sente bem. Para o sujeito não iniciado na percepção e formulação de problemas, pode parecer que tudo está solucionado, pelo volume de informações que lhe está disponível, pela conduta da escola de lhe “fornecer” a informação sem que o mesmo se questione e sinta a necessidade de conhecê-la e pela própria sociedade que parece não se propor a desempenhar uma atitude mais ativa, de questionar, de duvidar, de buscar o conhecimento.

A aprendizagem ocorre quando o aluno está motivado a buscar o conhecimento e que alunos de ensino médio, a qual me propus a trabalhar nesta pesquisa, deveriam estar neste perfil. Nesse entendimento, se deu a escolha de colocar o aluno como sujeito ativo da aprendizagem, a partir de resolução de problemas, desafios e questionamentos a ele apresentado ou por ele determinado. Para isso, se propõe a análise do processo de formulação e resolução de problemas definido como Pensamento Computacional, que tem como base, a abstração.

Originalmente, esse processo de pensamento, foi enunciado por Papert (1980) quando afirmou que o computador era um instrumento para aprender, desenvolver a criatividade e “concretizar” o pensamento computacional e se desenvolveu na Ciência da Computação, onde Wing (2006) sugere que o pensamento computacional, deve ser aplicado para resolver qualquer tarefa complexa, seja por uma atividade de máquina ou por uma pessoa. Na educação, há uma expectativa de que o pensamento computacional seja ensinado rotineiramente em escolas de ensino médio para desenvolver habilidades que contribuam para o processo investigativo, ampliando as possibilidades de aprendizagem.

Nesta tese, a aplicação e análise do pensamento computacional, fortemente amparado na abstração reflexionante, se dará a luz de uma ferramenta que instiga a formulação de problemas, pela necessidade de trazer soluções para as atividades que cada aluno se propõe a realizar. Essa ferramenta educacional é a robótica que, segundo Kandhofer e Steinbauer (2016), vem ganhando atenção nas últimas décadas, principalmente para aumentar o interesse dos jovens estudantes pela área de ciências e tecnologias.

Estudos realizados com estudantes de ensino fundamental e médio, e discutidos por Khanlari (2013), Fornaza e Weber (2014) e Fislake (2018), apontam a robótica educacional com potencial para desenvolver habilidades como a criatividade, a comunicação, a autonomia, a colaboração, a responsabilidade, o gerenciamento e o trabalho em equipe, além da construção de conhecimento na área STEM que é o acrônimo, em inglês, para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática.

Trabalhando com robótica educacional, em escolas de ensino médio nos últimos 17 anos, sempre senti falta de uma pesquisa mais aprofundada, no que concerne a forma como os alunos aprendem, a partir de atividades que envolvem resolução de problemas e tratamento das informações, tão comum nas práticas de robótica nas escolas.

Sendo professora de Física e atuando num laboratório de uma escola particular, em 1999 me vi confrontada a ajudar três alunos que gostariam de

desenvolver um robô para apresentação na Feira de Ciências da escola. Eu não tinha conhecimento suficiente para ajudá-los, mas nem por isso os desestimulei. Um deles gostava muito de eletrônica e outro conhecia programação em “BASIC”. Me envolvi, me apaixonei por esse trabalho, e aprendi muito com os alunos. Um pequeno robô, o “Omar IV” foi construído, programado e apresentado na feira da escola, com algumas estranhezas como sensores de luz fixados na tela do monitor do computador para que captasse as modificações de imagens e sensibilizado, tomasse decisões de ir para a direita, para a esquerda ou para frente. Na figura 01, uma imagem do robô Omar I, cedida por Franco Ripoll Leite, um dos criadores, que o guardou por muitos anos. Atualmente, o robô não existe mais.



Figura 1: Robô Omar IV
Fonte: arquivo pessoal de Franco Ripoll Leite

Após essa inquietação inicial que me tirou da zona de conforto, participei de um curso de programação de robôs industriais, onde obtive um bom embasamento de algoritmos, programação e robótica. O curso estava além do que eu precisava para trabalhar com robótica educacional e foi fundamental para que eu sentisse confiança de continuar e nunca mais parar de investigar nesse fascinante mundo da robótica, participando de outros cursos e eventos.

Nesse mesmo tempo, uma colega me falou que havia na escola uma interface chamada *Super Robby*¹. Adquiridas mais três dessas interfaces, iniciaram as aulas de robótica na escola. Passaram-se os anos e também outras interfaces, como os *kits* da *Legó*, do *Fischertechnik* e finalmente, o *Arduino*, com o qual trabalho, atualmente, numa escola pública do estado.

Vale aqui comentar que o enfrentamento a problemas, a busca pela solução e o encontro da mesma em pessoas e ambientes os mais diversos, foi o que delineou a minha trajetória de professora de robótica e vejo isso também nas atitudes dos alunos, enquanto desenvolvem seus projetos. A pesquisa, a busca de informações, a formulação de problemas e o tratamento que é dado a eles, incluindo aqui a abstração reflexionante, são fatores que precisam ser melhores compreendidos.

Busquei na teoria piagetiana o embasamento necessário para dar início a essa pesquisa. O processo central do desenvolvimento encontra-se na equilibrção das estruturas cognitivas que se origina sempre de um desequilíbrio, que podemos descrever como um questionamento, uma dúvida, uma pergunta, um problema a resolver. A reequilibrção sempre ocorre, seja pela solução do problema na forma de acomodação em novas estruturas ou pela manutenção das estruturas anteriores. De acordo com Piaget (1976, p. 34), *“todo conhecimento consiste em levantar novos problemas à medida que resolve os precedentes”*. Dessa forma, a teoria cognitiva de Piaget alicerça fortemente e é coerente com os meus posicionamentos iniciais e, por tal razão, se faz uma análise criteriosa dos conceitos de assimilação, acomodação e equilibrção, os quais são chaves para entendimento da forma como o indivíduo aprende. As equilibrções cognitivas, que não tem um ponto de parada, senão a título provisório, constituem a aprendizagem.

Também se toma a visão de Piaget no conceito de abstrações e a importância destas para o desenvolvimento das estruturas cognitivas. E ainda, os estágios de desenvolvimento cognitivo, descrito por Piaget (1976), aos quais todo ser humano

¹ Super Robby – Kit de robótica educacional fabricado pela ARS CONSULT do Brasil. A interface se conectava pela porta paralela do computador. Ao seu circuito integrado estavam dispostos 8 saídas e 4 entradas. Acompanhava o kit uma fonte de alimentação de 12 V, um motor de corrente contínua, três mini-lâmpadas incandescentes e seis metros de fio. Poderia se programado pelo software Super Robby v.1.0 que acompanhava o kit didático ou pelo software Everest. Atualmente, nenhum dos softwares e nem o hardware são encontrados no mercado.

passa, da criança até a adolescência, ou mesmo idade adulta, nos mostram a evolução do pensamento e permitem situar os sujeitos dessa pesquisa no nível operatório formal ou, no mínimo, no nível operatório concreto. Estes são estágios adequados para aplicação de atividades que envolvem abstração e esperar resultados coerentes com esses estágios de desenvolvimento cognitivo.

Junto da teoria construtivista de Piaget, tem-se o construcionismo de Papert que entende que cada indivíduo tem uma forma própria de aprendizagem, ou seja, que constrói ele próprio o seu conhecimento e, portanto, deve ser dada ênfase nas aprendizagens individuais, a partir de atividades práticas interativas que levem o sujeito a tomar decisões autônomas. Fagundes (2012), falando de aprendizagem, diz que: *“se, quem constrói o conhecimento é o sujeito e só constrói se ele está em atividade, é claro que aprendizagem de cada sujeito é individual. A aprendizagem é individual, mas o processo de aprender, não! O processo de aprender tem que ser interativo!”*. E são essas interações, atualmente, ampliadas pelas mídias digitais, que têm oportunizado mais espaço de aprendizagem.

A robótica é um exemplo de atividade que tem se expandido, graças as informações disponíveis e a interação entre pessoas, num grupo de ação ou que já fizeram algo a respeito e disponibilizaram seu material. Essa troca entre saberes permite que todos cresçam juntos, principalmente pelas possibilidades que foram criadas com o advento das “licenças permissivas” que, não só permitem, como incentivam o uso e o compartilhamento de dados e informações. Concomitante, está se formando uma cultura de compartilhamento de dados de hardwares, em que os hiperobjetos aparecem como entes com características tais que libertam o sujeito para uma maior compreensão e resolução de problemas, com plena liberdade e documentação para que outros possam usufruir dos mesmos, sob licença de uso, reuso, modificação e compartilhamento. O conceito de hiperobjeto vem de Pezzi (2015) e pode conter diferentes níveis de detalhamento, de acordo com o seu objetivo e contexto.

Acreditando na capacidade individual própria de cada ser aprendente, o presente trabalho se dispõe a analisar atividades de robótica educacional para

melhor compreender a abstração reflexionante e o pensamento computacional, valorizando a interação, a autonomia, a busca e o compartilhamento de informações como meios de fortalecimento de anseios éticos e libertadores na sociedade, segundo a ideia de que a reflexão sobre qualquer dado, fato, pensamento ou ação exige abstração.

Apesar da tecnologia, atualmente, ter uma grande importância na relação do sujeito com o meio, e este trabalho fazer uso de uma ferramenta, a robótica educacional, que só existe em função do desenvolvimento tecnológico, o foco principal dessa tese é o conhecimento e a maneira como o mesmo é construído a partir de informações disponíveis e das formas de pensamento e habilidades cognitivas que auxiliam nesse processo, a partir do uso de tecnologias.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O problema fundamental dessa pesquisa fica estruturado em **como analisar e promover o desenvolvimento da abstração reflexionante e do pensamento computacional a partir de atividades de robótica educacional e seus hiperobjetos?**

Decomposto em problemas menores, que serão apresentados a seguir, a pesquisa se desenvolve em etapas que são, ao mesmo tempo, complementares e concomitantes, dependendo da análise feita.

Assim, as questões menores, norteadoras da pesquisa, ficam compreendidas entre:

- Alunos de ensino médio, com pouco conhecimento de robótica, se utilizam de abstrações reflexionantes para solucionar problemas em atividades que envolvem mecânica, eletrônica e programação?
- Alunos, com pouco conhecimento de robótica, solucionam problemas usando as habilidades do pensamento computacional?

- O desenvolvimento das habilidades do pensamento computacional se utiliza de abstrações reflexionantes?
- As habilidades do pensamento computacional podem ser desenvolvidas, em alunos de ensino médio, a partir de práticas de robótica educacional?
- Existe uma relação de aplicabilidade do pensamento computacional e o nível operatório, segundo a classificação de Piaget, tendo como base as provas de Longeot?

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo geral dessa pesquisa é analisar e promover o desenvolvimento do pensamento computacional e da abstração reflexionante, utilizando hiperobjetos da robótica educacional.

Sob este viés, os objetivos específicos da presente tese são:

- Identificar o estágio de desenvolvimento cognitivo dos sujeitos investigados, usando as provas de Longeot.
- Orientar atividades de identificação e resolução de problemas segundo as habilidades do pensamento computacional e o conceito de hiperobjetos.
- Identificar indícios de pensamentos reflexivos nos alunos de ensino médio enquanto desenvolvem projetos de robótica educacional, aplicando o processo do pensamento computacional na resolução de problemas.
- Avaliar os níveis de abstração reflexionante e das habilidades do pensamento computacional em cada participante do estudo de pesquisa.
- Comparar os resultados obtidos com o nível cognitivo detectado pela aplicação das provas de Longeot.

Com base nessas premissas, esta tese tem sua estrutura estabelecida a partir de capítulos, que terão a seguinte sequência:

No segundo capítulo, será apresentado os pressupostos teóricos que dão base à pesquisa desenvolvida.

No capítulo três, é descrito o método de pesquisa que contém as estratégias investigativas.

A coleta de dados e análise dos resultados de todas as atividades propostas são mostradas no capítulo quatro.

As considerações finais sobre o trabalho realizado e as sugestões de trabalhos futuros vem no capítulo cinco.

E, por fim, são elencadas as referências, os apêndices e os anexos.

*As estruturas cognitivas
são partes herdadas,
partes adquiridas e
partes totalmente
construídas.
(Fagundes, 2011)*

2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Para fundamentar as atividades de pesquisa dessa tese, é utilizada a teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget, o construcionismo de Seymour Papert e as concepções de inteligência coletiva de Pierre Lévy. Em seguida, são apresentados o conceito e as habilidades do pensamento computacional e, finalmente, é delineado o conceito de hiperobjeto, num contexto de robótica educacional.

2.1 A PSICOLOGIA COGNITIVA, SEGUNDO JEAN PIAGET.

Jean Piaget elaborou amplos estudos da cognição humana tornando-se base de muitos estudos de psicologia cognitiva. Quando se tem conhecimentos dos processos cognitivos, tem-se a possibilidade de melhor adequar propostas de atividades nas escolas. Piaget (1976), descreve os processos de **assimilação**, **acomodação** e **equilíbrio** como conceitos-chaves para a compreensão das alterações das estruturas cognitivas. São nos processos de assimilação e de acomodação que o pensamento se articula e, a partir do qual a estrutura cognitiva, frente a uma nova realidade, é reorganizada.

O organismo humano, em suas estruturas cognitivas, passa por processos de evolução ou de manutenção das mesmas estruturas, em seus sistemas e subsistemas. De acordo com Fagundes (2011), *“as estruturas são sistemas de significação que vão se relacionando e se coordenando em subsistemas que, por sua vez, compõem novos sistemas”*. Para que uma estrutura possa sofrer uma transformação é necessário passar por uma desequilíbrio que, necessariamente, passa pela ação e reflexão do sujeito sobre o objeto em análise. Segundo Piaget, *“os desequilíbrios é que constituem o móvel da pesquisa, pois sem eles o conhecimento permaneceria estático”* (PIAGET, 1976, p. 19). Os desequilíbrios a que se refere Piaget representam um desconforto intelectual, ou melhor dizendo, uma necessidade de conhecimento, que será satisfeita por uma assimilação e, subsequente acomodação, de onde resulta uma reequilíbrio das estruturas cognitivas. *“As relações entre as necessidades em geral e o ‘problema’ como o momento inicial e necessário do ato da inteligência, sendo a necessidade como um desequilíbrio momentâneo e sua satisfação como uma reequilíbrio”* (PIAGET, 1976, p. 32).

O processo de evolução do conhecimento depende de cada indivíduo, é influenciado pelo meio e pelas tomadas de decisões do indivíduo. Constituída de sistemas e subsistemas, existe uma estrutura cognitiva que pode ser transformada pelos sucessivos e sobrepostos processos de reequilíbrio.

Esses processos são constituídos de significados que vão se entrecruzando, numa verdadeira rede, porque nosso cérebro todo funciona em rede. Esse desenvolvimento não é linear, não é sequencial e se desenvolve, sistemicamente e dinamicamente, numa rede muito complexa de informações. (FAGUNDES, 2011)

Nesses processos, a acomodação é sempre incompleta, de forma que novos desequilíbrios e novas equilíbrios ocorrem constantemente, não na forma linear e sim, mais próxima da forma espiral, onde não há uma distância temporal. Segundo Piaget (1976), o desequilíbrio desempenha papel funcional de primeira importância enquanto necessitando de equilíbrios.

O processo de equilibração depende principalmente da ação do sujeito e das estruturas cognitivas deste. É resultante de ajustamentos sucessivos da assimilação e acomodação, sendo que a acomodação está continuamente subordinada à assimilação. Esta consiste em incorporação de um elemento exterior (objeto, acontecimento, etc.) em um esquema sensoriomotor ou de um sistema conceitual do sujeito que já existe na forma de estruturas próprias de cada um. Já a acomodação é um segundo processo inerente à assimilação pois depende desta e das estruturas cognitivas anteriores para que novas estruturas sejam formadas.

A grande descoberta do construtivismo piagetiano é que a informação não entra pelas lindas multimídias, lindas demonstrações [...] porque o que retira a informação do objeto é uma atividade dos sistemas cognitivos do sujeito, do sistema de significação que coloca nessa ação sobre o concreto, coloca significado e modula, adapta, para retirar a informação. A gente pensa que as informações entram pelos órgãos do sentido, mas elas, não entram, elas são retiradas pela atividade do sujeito. É ele que busca ver, que busca provar, que busca escutar. Quando ele entra nessa atividade exploratória, a percepção retira as informações do mundo concreto. Essas informações são retiradas pelos sistemas de significação que as estruturas do sujeito dispõem. (FAGUNDES, 2011)

Portanto, segundo Fagundes (2011), é a interação que constrói conhecimento. A forma como o aluno interage com o objeto em estudo, seja ele qual for, vai despertar curiosidade, questionamentos ou tédio. Novos esquemas são formados a partir da interação do sujeito. *“Um esquema novo é o produto de uma aprendizagem, na medida que resulta da diferenciação de um esquema anterior e que essa diferenciação comporta, pois, uma acomodação que depende da experiência”* (PIAGET e GRECO, 1974, p. 85).

Esse processo de desequilíbrio e, na sequência, uma reequilíbrio, deve ser considerado quando se prepara algo para ser trabalhado junto dos alunos. Deve se ter em mente que as equilibrações de alto nível, ou seja, aquelas que modificam as estruturas existentes, são as que são válidas para a aprendizagem. O que se deseja no desenvolvimento cognitivo do aluno é que o mesmo sofra uma alteração positiva em suas estruturas, de forma que, após um desequilíbrio cognitivo, por influência de algo externo, ou interno, que desencadeou o interesse, tenha um

processamento tal que novas estruturas, esquemas e subesquemas sejam formados. A isso, Piaget (1976) descreve como **reequilíbrio majorante**, onde a reequilíbrio da estrutura cognitiva se deu sob um melhoramento do que havia antes.

Os desequilíbrios não representam senão um papel de desencadeamento, pois sua fecundidade se mede pela possibilidade de superá-los – quer dizer, sair deles. É pois, evidente que a fonte real do progresso deve ser procurada na reequilíbrio, naturalmente, no sentido não de um retorno à forma anterior de equilíbrio, cuja insuficiência é responsável pelo conflito ao qual esta equilíbrio provisória chegou, mas de um melhoramento dessa forma precedente. Entretanto, sem o desequilíbrio que pode ser descrito como um questionamento, uma dúvida, um perguntar-se, não teria havido 'reequilíbrio majorante' (designando assim a reequilíbrio com melhoramento obtido) (PIAGET, 1976, p. 19).

A autorregulação das estruturas cognitivas é um processo biológico e, como tal, sua construção não é constituída de situações simples pois dependem de reflexão e de maturação além do que já foi especificado anteriormente. Ter consciência de uma operação é recriá-la na imaginação e então agir sob o efeito desse conhecimento. Ao descrever sobre os processos de autorregulação, Piaget (1976), classifica em **regulações automáticas** e **regulações ativas** sendo que, mesmo sendo difícil de traçar os limites dessas duas categorias, estas últimas são com **tomadas de consciência**, cuja origem vem de uma representação ou conceituação das ações materiais. *“Tomar consciência de uma operação é, efetivamente, fazê-la passar do plano da ação para o da linguagem; é portanto, reinventá-la na imaginação, para poder exprimi-la em palavras”* (PIAGET, 1967, p. 199).

É complexa a compreensão desse mecanismo de regulações no que concerne ao aspecto da elaboração do conhecimento, mas é clara quanto aos mecanismos dessa construção. Consiste em operações que recaem sobre as precedentes, reestruturando o que já existia. Segundo Piaget (1976) são novas formas que recaem sobre as anteriores, transformando-as. O autor não descarta as estruturas

que constituem uma base e que perseveram, mas que são também elementos que se transformam e se substituem. São estruturas que evoluem!

É importante ressaltar que essas regulações existem desde o estágio sensório-motor e se ampliam até o estágio operatório formal. Este, somente é alcançado após o indivíduo ter evoluído cognitivamente na sequência **sensório-motor** → **pré-operatório** → **operatório concreto** → **operatório formal**. Essa sequência é obrigatória, não ocorrendo o operatório formal sem antes ter vivenciado os três estágios anteriores. No entanto, os estágios podem coexistirem e também pode ocorrer que indivíduos adultos, apesar de idade superior, em alguns casos, não tenham chegado ao operatório formal, que se constitui basicamente de elaborações de experiências mentais, também chamadas de experiências lógicas ou reflexivas. Para Piaget (1967), uma “experiência mental” executada no plano da hipótese pura ou da pura possibilidade, é uma regulação e uma tomada de consciência das operações do pensamento. Segundo o mesmo autor, a incapacidade de pensamento formal é um resultado direto do egocentrismo infantil. Para a criança, adolescente, ou adulto ainda na fase do egocentrismo, não é possível raciocinar sobre o ponto de vista dos outros, de usar dados de “*uma realidade simplesmente lógica, na qual todo o concebível é possível*” (PIAGET, 1967, p. 230).

A evolução do comportamento e desenvolvimento do raciocínio até chegar ao pensamento formal pode ser observado nas conversações entre os sujeitos. Piaget fez observações e análises com crianças que englobavam todas as etapas e descreveu isso, de forma muito ampla, em todas as suas publicações. Para ilustrar a evolução do raciocínio na criança, a perda do egocentrismo até a capacidade de colaboração com apresentação de raciocínio lógico, da discussão no abstrato, motivação nas frases mantidas, que são indícios de pensamento formal, até as características deste estágio de pensamento, é apresentado, na figura 02, um mapa conceitual. Nele podemos observar as fases do raciocínio, da criança ao adolescente, e as relações de conversação entre elas. As fases de raciocínio estão designadas por estágios: do tipo I (*sensório-motor*), do tipo II (*pré-operatório*), do tipo III (*operatório concreto*) e do tipo IV (*pensamento formal*).

Esse fenômeno foi analisado por Piaget (1989, p. 71) que diferenciou as conversações em *colaboração*, simbolizado por A e *disputa*², simbolizado por B, no mapa conceitual representado na figura 02. Enquanto “colaboradores”, o estágio inicial classificado como **sensório-motor** se caracteriza por pensamento egocêntrico (a explicação infantil não é nem lógica, nem espacial), sem conversação propriamente dita ou apenas um monólogo coletivo (todos falam sem dar nenhuma atenção ao que o outro diz). No estágio II, há uma conversação e uma linguagem socializada, com reconstituição de uma explicação ouvida ou uma lembrança que se faz em comum, mas são simples afirmações ou oposição de ações divergentes. Neste estágio, que também é designado por **pré-operatório**, se pode observar uma comparação com o outro, com críticas, injúrias e afirmações de superioridade, sem opções de colaboração pela análise da situação, mas com possibilidade de colaboração na ação. No estágio III, definido como **operatório concreto** ocorrem essas mesmas características do estágio II, no entanto, há colaboração na ação ou no pensamento ligado a ação, com divergência de opiniões ou de desejos. Porém, as discussões são sem justificações e sem demonstrações das afirmações. Ainda é uma discussão primitiva.

Já no estágio IV, o estágio do pensamento lógico e formal, definido como **operatório formal**, a conversação se mantém com colaboração no abstrato, ou seja, as afirmações e discussões são travadas não mais somente sobre o objeto analisado mas além disso, há discussão de ideias, de abstrações, de hipóteses levantadas, a partir de dados concebidos em nível de pensamento.

O mapa conceitual apresentado na figura 02 mostra os tipos e estágios de conversação e relaciona com as características de cada fase e é importante ressaltar que há um sentido de desenvolvimento, ou seja, não há um retrocesso. Segundo Piaget (1967), as regulações se fazem de forma que ficam “assimiladas”, deformando as estruturas preexistentes e incorporadas à sua própria substância. Mesmo podendo acontecer superposição de fases, um retrocesso não acontece.

² **Disputa**, aqui está no sentido de oposição de ideias, de discussão, de conversação com ideias divergentes entre si.

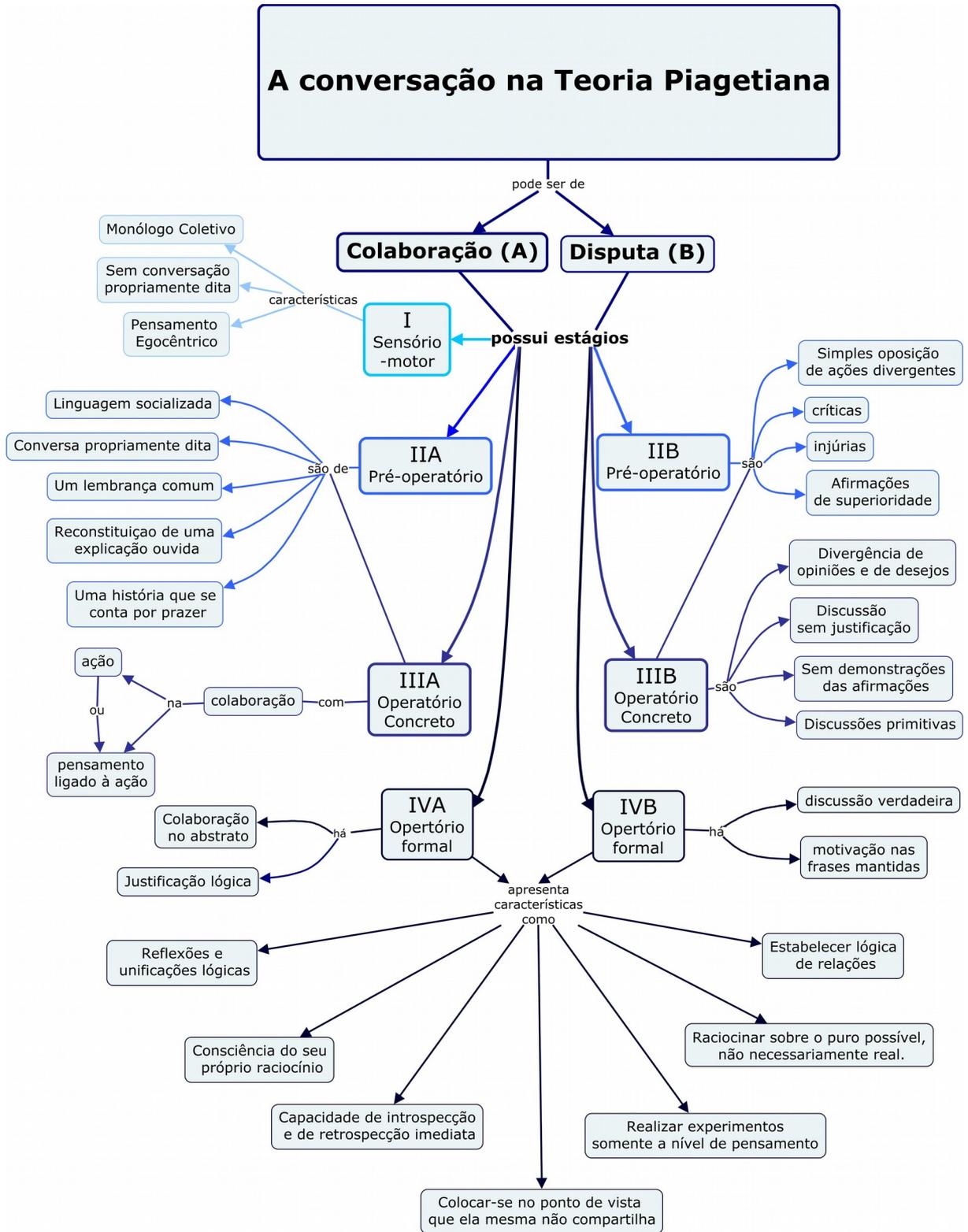


Figura 2: Mapa conceitual dos estágios do desenvolvimento cognitivo
 Fonte: própria autora, apoiada na descrição de Piaget (1967 e 1989).

No último estágio, identificados no mapa conceitual como IVA (de colaboração) e IVB (de disputa) e, de uma forma geral, denominado de estágio do pensamento formal, se caracteriza pelo sujeito usar de abstração reflexionante em todos os seus atos. Segundo Piaget (1967), essas abstrações reflexionantes podem ser observadas, como por exemplo, pela introspecção seguida de retrospectão e com observações centradas no foco da análise em questão. Demonstra capacidade de pensar, refletir e ter consciência do seu próprio raciocínio, onde essas reflexões têm lógicas com certo grau de unificações.

Um dos traços do pensamento formal é a capacidade do sujeito de refletir sobre outro ponto de vista que não aquele em que se encontra. Segundo Piaget (1967, p. 230) *“o que impede a criança de raciocinar sobre um dado que ela não admite e que se lhe pede para ‘assumir’ simplesmente, é, na verdade o fato de desconhecer a arte de entrar no ponto de vista dos outros”*. Logo, essa capacidade de se “colocar no lugar do outro”, ou seja, entender como o outro pensa é característica de pensamento formal.

Ao chegar ao pensamento formal, trabalha-se com uma realidade subjetiva *“onde a vida social toma um impulso novo”* (PIAGET, 1967, p. 230). A capacidade de refazer mentalmente uma experiência que foi realizada na prática, Piaget chama de “experiência mental” que, no estágio de pensamento formal evolui para “experiência lógica”, quando os próprios pensamentos do indivíduo são objeto de uma experiência. O sujeito, na qualidade de objeto pensante, num esforço para tomar consciência de suas próprias operações (e não somente de seu resultado) verifica se elas implicam umas nas outras, ou se elas se contradizem. Levantar hipóteses e chegar a uma conclusão apenas por dedução lógica, é característica de trabalhar no abstrato e que pode levar a raciocinar sobre o puro possível e, não necessariamente, real.

Indivíduos que já passaram pelo estágio operatório concreto e encontram-se no operatório formal ou, ao menos, no pré-formal, podem apresentar superposição de estágios mas nunca mais perderão a capacidade de abstração. A apropriação

progressiva de novas estruturas cognitivas é irreversível. Estas poderão sofrer alterações mas sempre num único sentido, o da evolução.

Essa exposição dos estágios e do desenvolvimento cognitivo nas crianças e adolescentes foi apresentado para servir de comparação quando da análise de jovens adolescentes, objetos de estudo desta tese. Essa mesma análise pode ser feita com adolescentes quando interagem entre si, socialmente ou em grupos, para desenvolver projetos ou experimentos, no ambiente escolar. Enquanto agentes observadores e críticos sobre determinado assunto, objeto ou conceito, alunos adolescentes e, mesmo adultos, podem demonstrar pela ação verbal ou de pesquisa, o estágio a que pertencem.

Em princípio, todos acima de 12 anos, deveriam estar no estágio do pensamento formal, porque supõe-se que passaram por todos os outros estágios anteriores, mas não é isso que sempre ocorre. Provas realizadas com 229 alunos de escolas públicas de Porto Alegre, cursando o primeiro ano do ensino médio demonstraram que apenas um pequeno percentual deles encontrava-se no estágio operatório formal. A apresentação completa dessa pesquisa será apresentada no capítulo 03, deste trabalho.

Piaget (1973), descreve sobre os fatores do desenvolvimento. Estes dependem de fatores biológicos, de fatores de equilíbrios das ações, de fatores sociais, de coordenação interdisciplinar e de fatores de transmissão educativa e cultural. Dentre eles nos ocuparemos dos fatores de equilíbrios de ações, do qual foi tratado até aqui, sem desconsiderar a importância dos demais.

Uma dúvida, inquietação ou questionamento, provoca um desequilíbrio momentâneo, ao que Piaget chamou de desequilíbrio e ao qual o organismo tende a assimilar informações para resolver esse impasse. Junto da assimilação vem a acomodação, que pode ser com formação de novos esquemas e estruturas ou voltar ao patamar anterior, sem modificações. A isso se denomina reequilíbrio, o que não consiste num equilíbrio definitivo, pois novas desequilíbrios e reequilíbrios surgirão. *“O sujeito procura evitar a incoerência e tende, pois, sempre na direção de formas de equilíbrio, mas sem jamais atingi-las, senão às*

vezes a título de etapas provisórias” (PIAGET, 1976, p. 156). A desequilíbrio, provocada por um “problema” é momentânea e, por meio dos processos de assimilação e equilíbrio, a reequilíbrio é reestabelecida.

É importante pensar que toda essa referência se faz a um processo cognitivo que se ampara num processo orgânico do próprio indivíduo e que o mesmo é modificado a todo instante, não com uma superposição de estados mas como um “contínuo refazer-se”, usando as estruturas existentes e transformando-as, segundo assimilações e acomodações que vão desde as observações do real até o possível imaginável.

Diferente da assimilação e da acomodação orgânica, que só recaem sobre as substâncias e energias necessárias à conservação de estruturas sempre particulares, a assimilação e acomodação cognitivas, enquanto prolongam este processo biológico, alargam constantemente seu campo (que, no limite, compreende todo o real mais o mundo progressivo dos possíveis). Mas este alargamento indefinido não poderia reduzir-se a um amontoado simplesmente aditivo, pois que, ao contrário, é próprio da assimilação constituir uma integração efetiva, isto é, um jogo de relacionamentos que comportam a formação de totalidades fechadas, ciclicamente, sobre si mesmas. (PIAGET, 1976, p. 169)

Toda formação de conhecimento que se origina de informações vindas da percepção do sujeito sobre o objeto, fato ou dados quaisquer, depende intrinsecamente do sujeito e de sua estrutura cognitiva. De acordo com Fagundes (1999, p. 16), “*é a partir de seu conhecimento prévio, que o aprendiz vai se movimentar, interagir com o desconhecido, ou com novas situações, para se apropriar do conhecimento específico*”. A formação das estruturas cognitivas depende do sujeito observador e o objeto é só conhecido pela percepção de cada indivíduo. Piaget (1970, p. 52) descreve que “*o observador é arrastado e modificado pelo fenômeno observado, de tal maneira de que, o que ele percebe é, na realidade, relativo à sua situação particular, sem que possa suspeitar disso enquanto não se entregar a novas descentrações*”.

O “objeto” percebido pelo sujeito pode ser um texto, um animal, uma planta, um brinquedo, um avião, o mecanismo de uma máquina, um jogo de computador,

um software, uma máquina digital, um robô, enfim, qualquer coisa observável, do ponto de vista físico ou não. Nela, o sujeito observador se propõe a abstrair, inicialmente, aquilo que o objeto lhe sugere pelas suas características ou ações, o que constitui a **abstração empírica**. Piaget a descreve como “*a abstração que se apoia sobre os objetos físicos ou sobre os aspectos materiais da própria ação, tais como movimento, empurrões, etc.*” (PIAGET, 1995, p. 05). No entanto, a abstração da qual essa obra se propõe a estudar é aquela que se desenvolve em paralelo à abstração empírica, que evolui junto do ser humano, se sobressai, se redimensiona em nível de pensamento e se propõe a alterar os esquemas e estruturas intelectuais do sujeito. A esta, Jean Piaget designou como **abstração reflexionante**, que se apoia, fundamentalmente, nas atividades cognitivas do sujeito.

Enquanto a abstração empírica é fundamental para uma análise superficial da situação, fato ou ação, permitindo reflexionamentos sucessivos, com afirmações e contradições, a abstração reflexionante está em nível mais elevado, onde os esquemas cognitivos sofrem alterações e, conseqüentemente, há possibilidade de produção de conhecimento. “*Em suma, há diferença, não somente psicológica, mas também formal, entre os dois tipos de abstração, visto que uma pode levar a contradições, enquanto a outra afasta tal possibilidade*” (PIAGET, 1995, p. 291). A abstração reflexionante, em comparação com a abstração empírica, exprime supremacia porque se mostra como ação de pensamento do sujeito sobre o objeto ou sobre os próprios pensamentos.

Na obra de Piaget, abstração é a atividade do sujeito conhecedor, ao mesmo tempo coordenadora e diferenciadora, mediante a qual constrói conhecimento como estrutura, competência ou capacidade utilizando características retiradas ou extraídas, ora dos objetos (abstração empírica), ora de suas coordenações de ações (abstração reflexionante – pseudoempírica ou refletida)” (BECKER, 2017, p. 372).

A abstração depende do estágio cognitivo em que se encontra o sujeito. Segundo Piaget (1995), a abstração empírica e a abstração reflexionante estão presentes em todos os níveis de desenvolvimento, dos patamares sensório-motores até as formas mais elevadas do pensamento científico. Em todos os níveis do

conhecimento, da infância até a fase do pensamento formal, a abstração empírica é sempre solidária a abstração reflexionante. Na figura 03, é possível observar que nos estágios iniciais, há predomínio da abstração empírica e, de um nível para outro ocorre uma diferenciação progressiva entre os dois tipos de abstração.



Figura 3: Relação entre as abstrações empírica e reflexionante, dos primeiros anos de vida até a idade adulta. Fonte: própria autora.

Enquanto a abstração empírica tira as informações dos objetos e das características observáveis obtidas pelos sentidos (visual, sonoro, olfativo, tátil e até mesmo gosto), a abstração reflexionante as obtém de “repensar”, “refletir”, “reconsiderar” sobre esses fatos ou pensamentos e isso ocorre alterando as estruturas cognitivas do sujeito pensante.

Importante reconhecer a abstração como um processo de pensamento e que a construção do conhecimento só é possível sob o processo da abstração reflexionante. *“A abstração reflexionante explica tal construção, evidenciando o papel da ação do sujeito e centrando nela sua explicação. Ao se falar de abstração reflexionante não podemos compreendê-la de outra forma senão como um processo”* (FREZZA, 2015, p. 46).

Na abstração reflexionante de grau elevado se tem consciência de seus próprios pensamentos reflexivos. Um conjunto de abstrações, em nível de conceitos, se interligam entre si, formando novos conceitos e, portanto, novas estruturas. Piaget (1977) afirma que essa estruturação se dá pela abstração reflexionante, em todos os níveis, ao passo que a abstração empírica se limita a fornecer dados, servir de controle ou levantar questões, o que é indispensável mas não fonte de solução. Dessa forma, a medida que o indivíduo vai evoluindo cognitivamente, vai também aumentando sua capacidade de abstração. E, da mesma forma, em contrapartida,

enquanto o mesmo vai evoluindo para sua capacidade de abstração reflexionante, vai também aumentando sua capacidade cognitiva. Piaget (1995, p. 158), fala de “*níveis hierárquicos de abstração reflexionante, cada um dos quais enriquece o nível precedente, apoiando-se sobre ele para dele tirar com o que se expandir*”. Justifica-se, dessa forma, que a interação com os objetos só é efetivamente válida para a aprendizagem quando se pode fazer uma interação com abstração reflexionante. De outra forma, a convivência em nada alterará nossos esquemas e estruturas de conhecimentos.

Há ainda, a **abstração pseudoempírica**, assim definida por Jean Piaget para os processos de abstração que envolvem reflexão, mas a partir de informações colocadas no objeto em estudo e, a partir delas, fazer novas constatações. Elas podem ser confundidas com abstração empírica porque as análises e reflexões se formam sobre determinado objeto. No entanto, a abstração pseudoempírica é uma variedade da abstração reflexionante, porque os observáveis foram introduzidos no objeto, pelo sujeito. Piaget (1995), descreve a abstração pseudoempírica como uma particularidade da abstração reflexionante.

A abstração pseudoempírica, aparece bem como um caso particular de abstração reflexionante: o que o sujeito tira dos objetos (além, naturalmente, de suas qualidades físicas registradas por abstração empírica) as propriedades que é capaz de neles introduzir, de acordo com o nível de suas coordenações de ações”. (PIAGET, 1995, p.147)

Um exemplo de abstração pseudoempírica é a verificação da hora mostrada por um relógio analógico. Este, objeto físico constituído de ponteiros e números, não fornece a hora por si só. A “percepção” da hora mostrada depende das estruturas cognitivas do sujeito e é ele que infere características observáveis no objeto (relógio), para delas tirar a conclusão, de que horas são mostradas no instrumento. Há reflexionamentos e reflexões em nível de pensamento, de acordo com conhecimento inerente ao sujeito que olha o relógio. O observador vai perceber a hora que o relógio mostra, se ele tiver conhecimento prévio de como se faz essa leitura.

A abstração pseudoempírica consiste em retirar dos observáveis não suas características, mas aquilo que o sujeito colocou neles. Por ela, o sujeito projeta no mundo dos observáveis suas coordenações de ações. Ao retirar características dos observáveis, não retira o que pertence aos observáveis, mas o que ele, sujeito, colocou neles. [...] O sujeito usa os objetos da realidade como suporte necessário, mas retira, de fato, qualidades das coordenações de suas ações e não dos objetos como tais, como na abstração empírica. Trata-se, por isso, de um caso de abstração reflexionante. (BECKER, 2017, pp. 379-380)

O fato de construir mudanças nas estruturas cognitivas projeta a abstração reflexionante a um patamar diferente da abstração empírica. É ela que produz desequilíbrios momentâneos que levam à assimilação, acomodação e reequilibração, ou seja, aos processos de regulação das estruturas cognitivas. Segundo Becker (2017, p. 374), a abstração reflexionante “*caracteriza-se por se apoiar sobre as coordenações das ações ou operações, estruturas, etc., anteriores para retirar delas certos caracteres e utilizá-los para outras finalidades – que não as finalidades para as quais foram construídas*”. Esse movimento de buscar estruturas já existentes, rever essas estruturas, posicioná-las diante de novas possibilidades de reestruturação, é um processo de notável envolvimento intelectual que se expande e se aprimora.

Faz parte da abstração reflexionante dois componentes importantes: o reflexionamento e a reflexão. Esta é a alteração da estrutura cognitiva enquanto aquela é o processo de “*transportar a um plano superior o que colhe no patamar precedente*” (PIAGET, 1995, p. 2). Sucessivos reflexionamentos, não necessariamente, levam à tomada de consciência. O que fará com que isso ocorra é a reflexão que ocorre em níveis superiores. “*Uma reflexão é entendida como um ato mental de reconstrução e reorganização sobre o patamar superior daquilo que foi transferido do inferior*” (PIAGET, 1995, p. 275).

As características retiradas dos objetos pela abstração reflexionante anterior é, através de um processo de **reflexionamento**, projetada sobre novo patamar, no qual o conteúdo é extraído para poder compreender novos fatos ou novos observáveis do meio ou do objeto. Tais dados serão organizados novamente por um processo de

reflexão, ou seja, um ato mental de reconstrução e reorganização do que foi extraído de um patamar inferior. (BARTELMEBS, HARRIS e SILVA, 2014, p. 79).

Importante ressaltar que os reflexionamentos e reflexões que constituem a abstração reflexionante apresentam patamares, que Piaget (1995) enumera do mais elementar reflexionamentos (em n patamares) até chegar a vários graus de meta-reflexão, ou seja, em patamares onde se começa com um pensamento reflexivo que tem origem em hipóteses e ligações necessárias entre elas e suas consequências, ou seja, reflexão sobre a reflexão. De um reflexionamento mais elementar, como de um movimento sensório-motor a um início de conceituação pode ser considerado um patamar inicial; um segundo patamar, como a reconstituição de uma sequência de ações, como um todo coordenado; um terceiro patamar, seria o da comparação, em que a ação total é comparada a outras, análogas ou diferentes. E assim, novos patamares de reflexionamentos podem surgir. Numa sequência aos apresentados aqui,

os reflexionamentos seguintes são caracterizados por 'reflexões' sobre as reflexões precedentes e, finalmente, a vários graus de 'meta-reflexão' ou pensamento reflexivo, permitindo ao sujeito encontrar as razões da conexão, até então, simplesmente constatadas (PIAGET, 1995, p. 275).

Logo, em níveis superiores, há reflexão sobre a reflexão, que Piaget (1995, p. 6) descreve como **abstração refletida**. Somente neste patamar, a formação de pensamento reflexivo torna possível a constituição de sistemas lógico-matemáticos de cunho científico.

O desenvolvimento da abstração reflexionante é um processo contínuo e evolutivo e dá preferência a construção mental de formas ou objetos de pensamento, que poderão dar lugar, às estruturas lógico-matemáticas e suas conexões. No entanto, vale ressaltar que, enquanto a abstração refletida desempenha um papel cada vez mais importante, a abstração pseudoempírica, que serve de suporte e de auxiliar às abstrações reflexionantes, nos estágios iniciais até o operatório concreto, vai perdendo seu valor relativo, mas sem jamais desaparecer.

Segundo Piaget (1995, p. 277), não excluindo de modo algum, a coexistência das abstrações pseudoempíricas e refletidas, a evolução das mesmas se caracteriza por uma inversão. Enquanto a primeira vai perdendo seu valor relativo, a segunda, contrariamente, vai aumentando o seu.

Apesar de parecer linear, é importante ressaltar que o processo ocorre na forma de espiral e em sequências ininterruptas de reflexionamentos e reflexões onde,

Todo reflexionamento de conteúdos (observáveis) supõe a intervenção de uma forma (reflexão), e os conteúdos assim transferidos exigem a construção de novas formas devido a reflexão. Há assim, uma alternância ininterrupta de reflexionamentos → reflexões → reflexionamentos; e (ou) de conteúdos → formas → conteúdos elaborados → novas formas, etc., de domínios cada vez mais amplos, sem fim e, sobretudo, sem começo absoluto. (PIAGET, 1995, p. 276)

Dessa forma, o processo de abstração reflexionante evolui, de forma que, *“em níveis superiores é a reflexão que conduz o jogo em relação aos reflexionamentos ao passo que nos níveis inferiores, eram os reflexionamentos que constituíam o motor essencial”* (PIAGET, 1995, p. 277). Enquanto a criança, nos níveis sensório-motor e pré-operatório tem sua abstração reflexionante impulsionada pelos reflexionamentos, em níveis superiores, como por exemplo, o pensamento formal, as reflexões arrumam as estruturas cognitivas de tal forma que os reflexionamentos que daí surgem são impulsionados pelas reflexões. *“É claro que, a partir destas reflexões elevadas à segunda e à enésima potência, o essencial torna-se a própria reflexão, por oposição ao ‘reflexionamento’* (PIAGET, 1995, p. 275).”

As possibilidades de reflexionamentos e reflexões, que compõem a abstração reflexionante, levam o sujeito à **tomada de consciência** que consiste em detenção do conhecimento sobre determinado conceito, fato, conjunto de ações, axiomas, ideias ou generalizações, sempre através das regulações das estruturas cognitivas em direção a uma instância superior àquela em que se encontrava.

Dentro do contexto das tecnologias digitais, a abstração reflexionante se faz presente em grau elevado. Segundo Bona (2012, p. 67), *“a abstração reflexionante*

aponta um salto qualitativo, quando se apresenta como a tomada de consciência pelo sujeito - a reflexão sobre reflexão, e a capacidade reflexiva é potencializada com o uso das tecnologias digitais”.

“A abstração reflexionante (fonte endógena) consiste em retirar das coordenações das ações, novas características (materiais ou mentais), que o próprio sujeito exerce sobre os objetos, no momento em que procura conhecer algo novo. Através do estabelecimento de relação entre a novidade e aquilo que já conhece, o sujeito amplia suas estruturas cognitivas e poderá usar esse conhecimento em eventos futuros. Diferencia determinadas propriedades e integra esse novo conhecimento às suas estruturas mentais” (KEBACH, 2016, p. 94).

Para potencializar esses processos cognitivos, naturais do ser humano, pode-se fazer uso de diferentes métodos ou processos. Um processo apresentado neste trabalho é o pensamento computacional, que será exposto a seguir.

2.2 O PENSAMENTO COMPUTACIONAL: Análise do processo.

Originalmente, pensamento computacional foi mencionado por Papert (1980), para definir o tipo de pensamento que uma criança desenvolveria quando estivesse trabalhando com computadores, aos quais ele se referia como instrumento para aprender, desenvolver a criatividade e “concretizar” o pensamento computacional. Wing (2006), definiu pensamento computacional como a forma de pensamento direcionado a resolver problemas, em sistemas de concepção e compreensão humana, inspirando-se em conceitos fundamentais da ciência da computação. Andrade et al. (2013), Hinterholz e Cruz (2015), Zapata-Ros (2015), Silva, Souza e Morais (2016), Bocconi et al. (2016), Borges, Menezes e Fagundes (2017) ressaltam que estimular alunos a ter atividades intelectuais sob a forma de pensamento computacional pode trazer benefícios para os mesmos. Da mesma forma, autores como González (2015), Zapata-Ros (2015), Lowe e Brophy (2017) e instituições como a *Computer Science Teachers Association (CSTA)*, *International Society for*

Technology in Education (ISTE) relacionam vantagens do uso do pensamento computacional nas atividades de aprendizagem. Dentre estas vantagens são citadas que o pensamento computacional organiza e agiliza a forma de pensar na área que envolve Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, auxilia na aprendizagem de programação e de suas linguagens de forma progressiva, favorece a aprendizagem apoiada em tecnologia e pode contribuir para a construção do pensamento formal.

Wing (2006) aposta na aplicação do pensamento computacional para a realização de qualquer tarefa complexa, sendo uma atividade mental na formulação ou na resolução de problemas e ressalta que o pensamento computacional pode ser desenvolvido tanto para a realização de uma tarefa de máquina, quanto para uma atividade humana. Seguindo as orientações da Associação dos Professores da Ciência da Computação - CSTA (2010), o pensamento computacional se caracteriza, quanto a atividade em qualquer área, por coleta, análise e representação dos dados, decomposição de problemas, abstração, pensamento algorítmico, automação, simulação, depuração, paralelismo e/ou generalização. Na tabela 01, apresenta-se uma breve descrição de cada habilidade.

Tabela 01: Habilidades do pensamento computacional, segundo a Associação dos Professores da Ciência da Computação

HABILIDADES DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL	
Coleta, análise e representação dos dados	Reunião de dados de forma apropriada, análise objetiva e coerente e organização por meio de tabelas, gráficos, desenhos, esquemas, palavras ou qualquer método disponível.
Decomposição de problemas	Divisão em problemas menores e, portanto, de mais fácil resolução. É a resolução por partes.
Abstração	Reflexão sobre os dados e a conseqüente elaboração do conhecimento sobre o fato.
Algoritmo	Desenvolvimento de uma série lógica e organizada de passos a serem seguidos para resolver um problema.
Automação	Utilização de computadores/máquinas ou instruções para tarefas repetitivas.
Simulação	Representação ou modelagem de um processo ou produto
Depuração	Reestruturação e realinhamento do projeto.
Paralelismo e/ou Generalização	Utilização do mesmo processo para resolução de uma ampla variedade de problemas semelhantes.

Fonte: Elaboração da própria autora, apoiada na definição do CSTA.

Essas definições são oriundas da Ciência da Computação e a presente pesquisa, até o momento, apresentou somente a definição de abstração, tendo embasamento teórico em Piaget, porque o entendimento é que a abstração é própria do sujeito cognoscente e necessária para que todas as outras habilidades do pensamento computacional sejam colocadas em prática.

Uma pesquisa um pouco mais aprofundada, mas não o suficiente para abordar tudo que se poderia sobre cada uma das outras habilidades do pensamento computacional, traz subsídios para descrevê-las com mais detalhes a seguir.

2.2.1 Coleta, análise e representação dos dados

Qualquer tipo de atividade que envolve execução, criação, pesquisa ou estudo de algo envolve dados e, estes, podem ser de diferentes tipos. Na criação e execução de uma obra eletromecânica, artística, literária ou outra, real ou virtual, os dados podem ser os próprios materiais utilizados e as pesquisas envolvidas, que por sua vez, coleta dados. Numa pesquisa podemos obter dados observacionais, dados computacionais e dados experimentais. De acordo com Sayão e Sales (2015), dependendo da etapa em que são coletados os dados eles podem ser classificados em:

- dados brutos, crus ou preliminares, quando vem diretamente dos instrumentos de medidas;
- dados derivados, quando já são um processamento ou combinação de outros dados;
- dados canônicos ou dados referenciais, quando já são dados consolidados e arquivados pela sua confiabilidade, que podem e devem ser consultados sempre que necessário, como por exemplo, a tabela periódica.

Os dados devem sofrer uma análise pelo sujeito que os vai utilizar, para se certificar de como usá-los, se são úteis naquele momento, se esclarece e/ou acrescenta algo ao processo construtivo. Essa análise será sempre em comparação ao problema de pesquisa.

Outro importante aspecto envolvendo dados é a forma como eles estão organizados, representados e somente dessa forma podem ser úteis para análise. Como dados podem ser consultados mais de uma vez, eles devem ser representados de forma que, mesmo após seu uso, fiquem disponíveis para análises futuras, em outros projetos ou pesquisas.

2.2.2 Decomposição de problemas

Tanto pela Ciência da Computação quanto por qualquer método de pesquisa, sempre que temos uma situação-problema é preciso formular este problema antes de tentar solucioná-lo, através de levantamento de hipóteses que serão testadas e, por meio dessas verificações, cada hipótese levantada será considerada verdadeira ou falsa. Ora, se a resposta é sim ou não, verdadeiro ou falso, esse aspecto digital “0 ou 1”, não cabe como solução de problemas complexos. Logo, é preciso, além de formular corretamente o problema, decompô-lo de forma que o mesmo seja representado por vários problemas menores e de fácil resolução.

Decomposição é uma maneira de pensar sobre artefatos em termos de suas partes componentes. As partes podem então ser compreendidas, resolvidas, desenvolvidas e avaliadas separadamente. Isso torna os problemas complexos mais fáceis de resolver, novas situações são melhor entendidas e sistemas maiores mais fáceis de projetar.[...] Através da decomposição da tarefa original, cada parte pode ser desenvolvida e integrada posteriormente no processo. (CSIZMADIA et al., 2015, p. 8)

A decomposição do problema é peça chave no pensamento computacional. Com o surgimento de máquinas digitais, como o computador, surgiu também a possibilidade de problemas serem resolvidos por máquinas e estas, ainda não pensam e tomam decisões iguais aos humanos. Dessa forma, é preciso deixar um problema a ser solucionado numa configuração que uma máquina consiga resolvê-lo. Esse processo é conveniente para máquinas mas também o é para os humanos. No desenvolvimento de projetos, sejam de que tipo for, ao se decompor o problema em problemas menores, a solução será encontrada com facilidade e maior precisão.

De acordo com Brackmann (2017, p. 34), *“quando um problema não está decomposto, sua resolução é muito mais difícil. Ao lidar com muitos estágios diferentes ao mesmo tempo, torna-se mais difícil sua gestão.”*

Pequenos problemas podem ser resolvidos individualmente e de forma sequencial, ou seja, em série, o que torna o processo passível de automação que será descrito a seguir.

2.2.3 Automação

Processos de automação já são usados há muito tempo. Muito antes das máquinas digitais, existiam outros dispositivos como, por exemplos, os relés que possibilitavam algum tipo de automação de máquinas. Segundo Marques et al. (2017), a automação, tanto industrial, predial ou residencial vem com o objetivo de otimizar tempo e recursos, proporcionando maior qualidade e produtividade, independente do processo a que esteja vinculada.

Qualquer processo que envolve uma rotina que se repete, pode ser considerada uma automação. Numa residência, isso implica desde tarefas diárias como um relógio que desperta sempre as 6h da manhã, um celular que conecta automaticamente à rede WiFi a que foi programado, uma pesquisa na internet por um mecanismo de busca, até a própria domótica, que consiste na gestão integrada dos vários equipamentos, espaços e sistemas de uma habitação. Nas ruas, parques e condomínios, observa-se um processo autômato nas lâmpadas que se acendem, sempre que escurece. Na indústria automobilística, atualmente, a montagem de um veículo passa, necessariamente, por processos de automação e, assim, muitos outros exemplos podem surgir, como os satélites estacionários e as espaçonaves que, longe da superfície terrestre, apesar de ter controle terrestre, tem automação suficiente para lhes fornecer autonomia de permanecerem infinitamente na mesma trajetória e com ajustes necessários para sua permanência, por anos, nessa mesma trajetória.

Na robótica educacional, a automação é mais precisamente observada, quando se está a escrever, editar ou estabelecer o código de programação num mecanismo robótico. Em pequenas rotinas, como por exemplo, acender um LED, usando um microcontrolador, de forma que ele fique aceso por 5 segundos, apagado por 2 segundos e que isso se repita, em *looping*, é uma automação. Um motor que, estando em movimento, cessa esse movimento se um sensor de luz devidamente conectado, tiver sua face, que se encontra com a luminosidade, impedida de receber a luz ou receber luz, se estiver escuro (isso depende de como foi programado), é outro exemplo de automação. Mas não se restringe a isso. Qualquer rotina que se estabeleça, que se repete em períodos sempre iguais, mesmo sem um código de linguagem de programação, pode ser considerado uma automação. Até mesmo a rotina de sair de casa, sempre a mesma hora, com o mesmo carro, seguir pelo mesmo trajeto, todos os dias da semana para ir de um local a outro da cidade e retornar, sempre pelo mesmo caminho, num mesmo horário, repetidamente, dia após dia. Se isso se repetir, anos após anos, sem mudanças de horários e roteiros, o que é bem difícil, mas não impossível, é um sistema automatizado.

Então, toda automação tem uma rotina. Essa rotina quando descrita de forma lógica e organizada, dentro da ciência da computação e neste estudo, é chamada de algoritmo, que será melhor descrito a seguir.

2.2.4 Algoritmo

Independentemente de sua real etimologia, segundo Farias (s/d) a ideia principal contida na palavra algoritmo refere-se à descrição sistemática da maneira de se realizar alguma tarefa. No cotidiano, uma receita culinária, é considerada um algoritmo pois nada mais é que uma sequência de procedimentos lógicos que, se seguidos na ordem em que se apresenta, se obterá o resultado que as orientações sugerem. No conceito da Ciência da Computação, o algoritmo surgiu junto da Máquina de Turing, em 1936, *como uma sequência finita de instruções bem definidas e não ambíguas, cada uma das quais devendo ser executadas mecânica*

ou eletronicamente, em um intervalo de tempo finito e com uma quantidade de esforço finita (WIKIPEDIA, 2016).

Segundo Csizmadia et al. (2015, p. 7) “um pensamento algorítmico é uma maneira de chegar a uma solução através de uma definição clara das etapas”. Na robótica educacional é comum estabelecer um conjunto de procedimentos lógicos, com início, meio e fim, em etapas bem definidas, como um passo-a-passo a ser seguido para a resolução de um problema. Esses procedimentos podem ser apresentados de diferentes maneiras, desde uma relação numerada, até fluxogramas mais ou menos complexos. Com o algoritmo definido, o código de programação está praticamente delineado. Basta ajustá-lo aos parâmetros da linguagem usada.

2.2.5 Simulação

Tão importante quanto a finalização do projeto é a qualidade final do mesmo e o menor desgaste para chegar a essa finalização de qualidade. Isso envolve antecipação das ações que minimizam custos financeiros com nenhuma perda de material e perfeito gerenciamento do tempo. Dessa forma, simular antes de executar é aconselhável sempre que possível. Para Castilho (2004, p. 28), simulação consiste “no ato de antever o que acontecerá com o sistema real”.

Com máquinas digitais cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, a simulação usando softwares torna isso mais fácil. O que antes, na construção civil, se fazia apenas por meio de maquetes, hoje softwares como por exemplo, o REVIT³ fazem essa simulação virtual 3D, que ultrapassa limites de espaço e tempo.

Na eletrônica, o uso da *protoboard* é para estabelecer uma simulação de circuito antes de fazê-lo definitivo, numa placa onde todos os componentes ficam soldados em posições fixas. E antes de usar a *protoboard* para montagem do circuito elétrico com componentes reais, pode ser feita uma simulação em *softwares*, como por exemplo, o *Fritzing*⁴, onde a simulação para Arduino é virtual, desde os

3 REVIT – Software de simulação de arquitetura, design e estruturas. Disponível em <https://www.autodesk.com/education/free-software/revit>

4 Fritzing – Disponível em <http://fritzing.org/home/>

componentes, fios, *protoboard*, medições e o próprio Arduino. Muito usado na robótica, tanto a simulação virtual quando a simulação eletrônica da montagem antes da fixação definitiva de peças, tem ainda a utilização de máquinas de corte a laser e impressoras 3D onde as peças são criadas antes num software e depois executadas na máquina, como produto final. Assim, em tempos de cultura digital, e mesmo antes dela, simular é projetar em outro meio, de menor custo e com capacidade de antecipar resultados, aquilo que se espera acontecer no projeto final.

2.2.6 Depuração

Conforme os dicionários da língua portuguesa, Michaelis⁵ e Aurélio⁶, o verbo transitivo direto depurar quer dizer “*tornar puro, retirar as impurezas; limpar; tornar melhor; aperfeiçoar; submeter o código de um programa a exame para detectar possíveis falhas e eliminá-las; debugar*”. Diante da definição do verbo é fácil entender o que consiste a palavra depuração. Quando se tem um projeto em andamento, algumas vezes, se faz uma parada para limpar, retirar o que há de excesso e que, na maioria das vezes, atrapalha o funcionamento, a manutenção e o design. O aperfeiçoando é sempre necessário e isso passa pelo que chamamos de depuração.

Nas atividades escolares, a depuração pode ocorrer somente no final de uma atividade proposta, conforme afirmam Santos et al. (2016): “*o mais comum quando não se chega ao resultado esperado é começar de novo, mas quando o aluno entende que pode encontrar o erro e corrigí-lo, ele passa a perceber o erro como um processo construtivo*”. No entanto, a depuração é recomendável durante todo o processo, sempre que necessário.

Num código de programação, é muito comum, se estabelecer várias linhas de comandos e só depois aperfeiçoá-lo, deixando com menos linhas, mais compreensível para leitura e melhor interpretação pelo compilador. Na robótica,

⁵ Michaelis – dicionário online <http://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/depurar/>

⁶ Aurélio – dicionário online <https://dicionariodoaurelio.com/depurar>

principalmente nos iniciantes, os códigos são enormes listas de comandos básicos, que ao passar dos tempos, aprendem novos comandos e percebem que podem depurar o código.

2.2.7 Paralelismo e/ou Generalização

Paralelismo no contexto do pensamento computacional se insurge como algo correspondente a outro, de tal forma que pode ser usado em simetria, em correspondência, numa “situação correlata”. Na robótica educacional, é muito comum, os alunos procurarem simetria quando constroem a parte estrutural do projeto que estão trabalhando. Por exemplo, se é um móvel de duas rodas eles definem o posicionamento de uma delas e, paralelamente, estabelecem a posição da outra, seja em ligação por eixo ou não. Isso é aplicar paralelismo numa situação bem comum. Outra situação é estabelecer o centro de gravidade, por análise de todas as partes e estabelecimento de simetrias que levem a estabilidade, ou seja, distribuir todos os componentes de forma que o centro de gravidade não fique distanciado do centro de massa do objeto.

Num código de programação, também aplica-se paralelismo como foi descrito, de forma que, ao se estabelecer, por exemplo, valores para velocidades das rodas de um carrinho autônomo, o mesmo faça uma curva para a direita (ou para a esquerda). Há necessidade de pensar sobre a ação das duas rodas paralelamente: a velocidade da roda direita deve ser menor que a da roda esquerda ou o contrário? Pensar em duas rodas equidistantes, que giram paralelas e, dependendo da velocidade, podem ter um determinado efeito no movimento e aplicar essa decisão num código de programação, é executar o paralelismo.

Também, na edição de um código de programação, quando se deseja que duas ou mais sequências de comandos sejam executadas ao mesmo tempo, se fala em paralelismo. E esse aspecto do paralelismo também pode ser observado quando, em atividades do dia a dia e na escola, se selecionam tarefas que podem ser processadas em paralelo, otimizando tempo e resultados. Numa prática de

laboratório, quando se faz um mesmo experimento com controle de variáveis, estamos executando um paralelismo. Por exemplo, para determinar a influência da cor na absorção do calor, podem ser usados seis termômetros iguais, que medem variações de temperatura da mesma forma, envolver apenas o bulbo com tecidos iguais, mas de cores diferentes (por exemplo, branco, preto, azul, verde, amarelo, vermelho) e expor todos os termômetros a uma mesma fonte de calor, o Sol. A experiência, depois de um período de tempo exposto ao sol, vai mostrar qual dos termômetros teve o maior registro de temperatura. É um experimento onde foi feito um paralelismo de situações, porque somente esse processo permite que a quantidade de calor seja a mesma nos termômetros cobertos por cores diferentes.

Apresentados no mesmo tópico, paralelismo e generalização não são a mesma coisa. Acredita-se que podem acontecer as duas habilidades do processo do pensamento computacional quando aplicadas na resolução de problemas, mas também pode ter só o paralelismo ou só a generalização, que será descrita a seguir.

Conforme Csizmadia et al. (2015, p. 14), “a *generalização é uma maneira de resolver novos problemas com base em soluções de problemas anteriores. Envolve identificar e explorar padrões*”. Fazer generalização não é uma habilidade trivial. Segundo Piaget (1995), essa é uma habilidade que caracteriza sujeitos no estágio das operações formais e supõe-se que o sujeito tem conhecimento de fato e aprofundado sobre o assunto, de tal forma que identifica padrões e novas possibilidades de aplicações.

Generalizar é conseguir separar o essencial de um determinado conhecimento e ter condições de identificar uma ou mais possibilidades em que esse conhecimento se ajusta. Segundo Thiry-Cherques (2009, p. 623), “a *generalização é a operação intelectual que reúne em uma classe, em um conceito ou em uma proposição um conjunto de objetos singulares com características comuns*”. Portanto, não é esperado que, sistematicamente, sejam feitas generalizações porque essa é uma habilidade que depende de limites e variáveis para ser aplicada. Nas ciências exatas, na matemática e todas as áreas em que são possíveis fazer experimentos, há maior grau de acertivas das generalizações.

2.2.8 Pensamento computacional na educação

Na educação, são válidas todas as características do pensamento computacional. Papert (1985) defende a ideia do computador como máquina de aprendizagem, não no sentido de aprender a partir dela, mas “aprender com ela”. Ao se utilizar de uma máquina digital, o raciocínio se estende além do concreto. Há mudanças de comportamento e, com isso, novas atitudes frente a aprendizagem. Quando desenvolveu a linguagem LOGO, muito próxima da linguagem humana, Papert entendeu que o “pensamento da máquina” deveria ser compreensível ao humano não iniciado em ciência da computação, como crianças e adolescentes, tanto quanto uma programação simples e de alto nível fosse entendida pela máquina. *“Programar significa, nada mais, nada a menos, que comunicar-se com o computador, numa linguagem que tanto ele [computador] quanto o homem podem ‘entender’”* (PAPERT, 1986, p. 18). Programar é estabelecer uma lógica de raciocínio, é pensar sobre um fato que se quer ver acontecer e projetar isso em caracteres reconhecíveis por uma interface.

A elaboração de um código de programação é facilmente compreensível como pensamento computacional. No entanto, essa forma de pensamento é aplicável a qualquer situação. Os primeiros itens apresentados, definição de um problema, levantamento de hipóteses, coleta e análise dos dados são partes do método de pesquisa científica. Associando-se a isso algoritmos, automação, simulação e paralelismo temos uma condição ideal para desenvolvimento de projetos educacionais e aprendizagem significativa. E, completando essa explanação, inclui-se a abstração como elemento-chave que permeia todas as habilidades do pensamento computacional.

Segundo Barr, Harrison e Conery (2011, p. 23), *“o objetivo a longo prazo é recomendar maneiras que todos os alunos tenham a oportunidade de aprender essas habilidades e garantir que elas possam ser transferidas para diferentes problemas e usadas em diferentes contextos”*. Uma ampla pesquisa, realizada na

União Europeia e descrita por Bocconi et al. (2016) pormenorizam a compreensão dos conceitos básicos e atributos do pensamento computacional, bem como o seu potencial para o ensino. Apoiada nesses registros, são destacadas as seguintes características básicas de práticas educacionais que podem ser aplicadas e que formalizam o pensamento computacional:

- Formulando problemas de uma forma que nos permita usar um computador e outras ferramentas para ajudar a resolvê-los;
- Organizando e analisando dados de forma lógica;
- Representando dados através de abstrações, como modelos e simulações;
- Automatizando soluções através do pensamento algorítmico (uma série de etapas ordenadas).

Adequadas a qualquer atividade educacional, essas práticas levam o sujeito aprendente a sistematizar o processo que o levará a solucionar qualquer problema em qualquer situação. E, supõe-se que todo professor quer ver seus alunos desenvolvendo essas habilidades. Em algumas escolas é possível encontrar professores que assim trabalham. No entanto, pode ser expandido para todos eles, transformando a educação num processo evolutivo e fazendo do aluno a centralidade desse processo.

2.2.9 A necessidade de abstração reflexionante para gerir o pensamento computacional

A teoria do pensamento computacional traz bem claro a necessidade da abstração. Assim como o pensamento computacional nasceu junto da ciência da computação, Aho (2012), afirma que esta é uma ciência da abstração e como tal, essa forma de pensamento se consolida. *“A ciência da computação não é programação de computador. Pensar como um cientista da computação significa mais do que ser capaz de programar um computador. Requer pensar em múltiplos níveis de abstração”* (WING, 2006, p.35). Lopes (2008, p. 149) comenta que “a

abstração é um processo necessário no sentido de possibilitar ao sujeito construir noções e conceitos em relação aos fenômenos e objetos". Nesse mesmo contexto, Cetin e Dubinsky (2017, p. 76), sugerem pensar a abstração como *"a construção da essência de um conceito, fazendo construções mentais para formar essa essência"*. Essas construções mentais, que Piaget (1979) descreve como reestruturação das estruturas cognitivas, são necessárias para a formação de conceitos e só acontecem pela abstração reflexionante. A abstração empírica também ocorre em alguns momentos no processo de aplicação das habilidades do pensamento computacional. No entanto, a relevância está, não apenas na extração (abstração) de dados e sim, em analisá-los até produzir conceitos e generalizações.

Segundo Wing (2017, p. 8) *"a abstração nos dá o poder de dimensionar e lidar com a complexidade"*. Havendo complexidade em todas as habilidades envolvidas no pensamento computacional, da coleta de dados à generalização, supõe-se que a abstração reflexionante é necessária para a viabilização de todas as habilidades do pensamento computacional e que o mesmo pode ser aplicado em qualquer assunto, mesmo quando não se está utilizando de máquinas.

Segundo Zanetti & Oliveira (2015, p. 1238), *"um encadeamento coerente de uma sequência lógica de instruções para resolução de problemas, constitui um dos saberes elementares para desenvolver o pensamento computacional"*. O autor notifica o algoritmo como uma sequência lógica e nela está inserida a abstração apesar de ser notável que, durante todo o processo do pensamento computacional ocorrem processos de pensamentos reflexivos. Logo, a abstração está sendo aplicada ao longo do processo, o tempo todo, o que se confirma quando o mesmo comenta que *"a capacidade de abstração é algo fundamental para o sucesso na aprendizagem de programação, principalmente para compreender problemas e propor soluções"* (ZANETTI & OLIVEIRA, 2015, p. 1237).

Bocconi et al. (2016, p. 9), ressalta que *"o pensamento computacional é um processo de pensamento (ou uma habilidade de pensamento humano) que usa abordagens analíticas e algorítmicas para formular, analisar e resolver problemas"*. Aqui é ressaltado que o processo de pensamento, ou seja, a abstração se estende

além da programação. Essas habilidades do pensamento humano de formular, analisar e resolver problemas, usando o pensamento computacional, tem como base centralizadora, a abstração reflexionante. De acordo com Wing (2017, p. 8), “*abstração é a chave*”.

O processo de pensamento mais importante e de alto nível no pensamento computacional é o processo de abstração. A abstração é usada na definição de padrões, generalização de instâncias específicas e parametrização. É usado para permitir que um objeto represente muitos. Ele é usado para capturar propriedades essenciais comuns a um conjunto de objetos, ao mesmo tempo que esconde distinções irrelevantes entre eles. Por exemplo, um algoritmo é uma abstração de um processo que leva entradas, executa uma sequência de etapas e produz saídas para satisfazer o objetivo desejado. Um tipo de dados abstrato define um conjunto abstrato de valores e operações para manipular esses valores, escondendo a representação real dos valores do usuário do tipo de dados abstratos. Projetar algoritmos eficientes inerentemente envolve projetar tipos de dados abstratos. (WING, 2017, p. 8).

Enquanto forma de pensamento organizado e ordenado, analisando, identificando e implementando possíveis soluções para um problema, usando máquinas digitais ou não, o pensamento computacional está sendo gerido por inúmeras abstrações reflexionantes. “*Todas as etapas do pensamento computacional são processos de pensamento e estão sob a ação reflexiva que ora denominamos por abstração reflexionante*” (CASTILHO, BORGES e FAGUNDES, 2018, p. 10). Dessa forma, esse processo de formulação e resolução de problemas, tão importante na atual era digital, não pode ser dissociada dos reflexionamentos e reflexões, que formam as estruturas cognitivas e que constituem a aprendizagem.

A figura 04 mostra o pensamento computacional, tendo sua base na abstração. Esta, por sua vez, pode ser empírica ou reflexionante. Ao mesmo tempo que as habilidades do pensamento computacional são mostradas como tais, também demonstram que se amparam na abstração reflexionante.

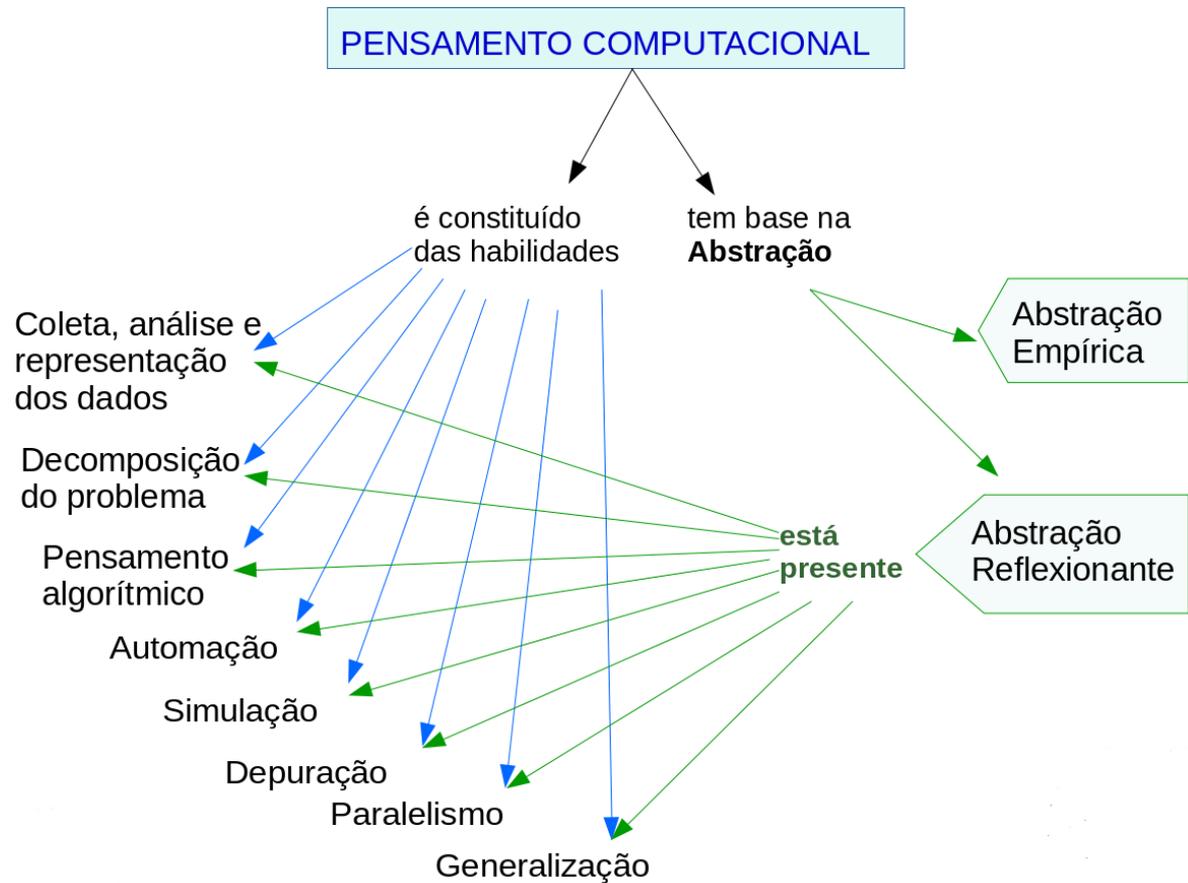


Figura 4: O pensamento computacional, suas habilidades e a relação destas com a abstração reflexionante.
Fonte: própria autora

O mapa conceitual sugere que todas as habilidades (coleta, análise e representação dos dados, decomposição do problema, pensamento algoritmo, automação, simulação, depuração, paralelismo e generalização) do pensamento computacional dependem da abstração reflexionante. Assim, espera-se que o desenvolvimento da abstração reflexionante tem um reflexo direto no desenvolvimento de todas as habilidades do pensamento computacional.

2.3 ROBÔ e ROBÓTICA: Da história às aplicações.

As primeiras noções de robô se deve ao teatro e a ficção científica. O escritor tcheco Karel Capek escreveu a peça R.U.R. (*Rossum's Universal Robots*), em 1920,

onde o drama se desenvolve com personagens que são definidos como “*roboti*”, numa referência a “trabalho escravo”. Traduzido para o inglês como “*robot*”, os seres que foram desenvolvidos numa fábrica, se assemelham aos humanos, mas não são humanos. Essa definição, atualmente, não serve para o que, atualmente, se entende por robô. No entanto, esse é o primeiro registro etimológico da palavra. A significação da palavra robô, ainda hoje, tem suas controvérsias. Alguns autores, buscaram aproximá-la da palavra “autômato” que definia, já no século XII, máquinas que podem executar movimentos, sem a ação direta do homem. Outros preferem relacionar a palavra robô a eventos mais recentes, a partir da revolução industrial e da ciência da computação. Albus et al. (1981), relacionam ao advento de códigos de programação em computadores, com o trabalho de Charles Babbage (1791-1871), Ada Lovelace (1815-1852) e outros trabalhos iniciados no século XIX, associando uma programação a um dispositivo mecânico.

Para Mataric (2014, p. 19), um “*robô é um sistema autônomo que existe no mundo físico, pode sentir o seu ambiente e pode agir sobre ele para alcançar alguns objetivos.*” Essa definição é ampla o suficiente para abranger todas as modalidades de robôs e restrita o bastante para delimitar o conceito atual de robô, sem fechar as possibilidades da evolução que virão.

A palavra robótica derivou-se naturalmente do conceito de robô e, em princípio, associa-se ao estudo, desenvolvimento e uso de robôs em diferentes fins. No entanto, segundo Garnier (2017), há uma fronteira, por vezes, difícil de demarcar, entre pesquisa e aplicação da robótica. As duas coexistem de forma a se aprimorarem cada vez mais. A robótica, em diferentes campos, é abordada na literatura. Masse (2017) descreve o uso da robótica para capturar movimentos humanos através de sensores RGB⁷ (*Red, Green, Blue*), com finalidades diversas. Roldán et al. (2015) a descrevem como monitoramento e controle de irrigação, ventilação e outros sistemas de casas sustentáveis, utilizando sensores e equipamentos adequados. Isso permite uma tecnologia voltada para preservação da natureza, mais contato com a mesma e menos poluição.

7 Sensores RGB – São sensores que conseguem ler a intensidade luminosa e também a cor pela reflexão e composição das cores *Vermelho (Red)*, *Verde (Green)* e *Azul (Blue)*.

A medicina cirúrgica já vem se utilizando de sistemas robóticos desde 1985, quando se dominou a técnica de neurocirurgia para obtenção de biópsias de tumores cerebrais. Desde então, segundo Despinoy (2017), a ciência médica tem se ocupado com pesquisa e inovação em robótica, no âmbito da cirurgia otorrinolaringológica, cirurgia ortopédica, cirurgia laparoscópicas e outras, como também intervenções radiológicas, diagnósticos automatizados e/ou baseados na inteligência de máquina.

A indústria, por sua vez, tem sua linha de produção alicerçada na robótica. Cada vez mais se investe na robotização de fábricas e se obtém melhores resultados nos produtos. E há uma crescente visão de uma revolução industrial em que se aposta na Indústria 4.0, que consiste numa inversão de produção do que hoje se acredita como ideal. Enquanto ocorre produção em massa, se pensa numa produção individualizada e dirigida à preferência do consumidor onde o mesmo poderá propor os produtos, os serviços e o processo de produção, com capacidade de fiscalização, controle, otimização e autonomia (DANJOU, PELLERIN e RIVEST, 2017). Cada indivíduo poderá fabricar seus produtos, consumi-los e descartá-los corretamente, usando máquinas robotizadas idealizadas para essa finalidade. Isso só será possível com uma evolução muito grande e que ainda está por vir. E não se limita aqui os exemplos de aplicações da robótica. Há outros ramos que estão em expansão na utilização e pesquisa, desde a agricultura até a exploração espacial.

Há ainda a robótica educacional, que é tema desta tese. Diferente das demais, não tem como finalidade base o estudo, o desenvolvimento e o uso específico de robôs. A ênfase é dada no processo que a pesquisa e desenvolvimento de projetos envolvendo mecatrônica – que inclui mecânica, eletrônica e programação - pode trazer em benefício do desenvolvimento cognitivo do educando. A aprendizagem nessa área é ampla o bastante para ser considerada interdisciplinar, sendo que, projetos de robótica são desenvolvidos em diferentes áreas do conhecimento, com objetivos bem diversos, abrangendo diferentes disciplinas ou áreas do conhecimento. No entanto, o que há em comum, são as possibilidades de uso de tecnologias inerentes à mecatrônica.

2.3.1 Uma análise da robótica sob perspectiva educacional.

A dinâmica da robótica educacional permite a integração entre alunos com diferentes tendências ou aptidões. Enquanto alguns gostam de “construir coisas”, outros gostam de elaborar circuitos elétricos, outros são mais adeptos ao gerenciamento de projetos e outros, à programação. Essa interação é capaz de provocar uma ampliação de informações que resultarão em melhores resultados na resolução de problemas.

A robótica educacional tem característica desafiadora, mas, ao mesmo tempo, de ludicidade e é uma das poucas oportunidades do aluno usar linguagem de programação, no ensino médio. Na robótica, a testagem dessa programação, é feita de uma maneira rápida, lúdica e eficiente, permitindo refazer se necessário e, em sucessivas tentativas de realizar seu objetivo, o aluno pesquisa, interage e refaz suas estruturas cognitivas.

Assim, o conhecimento não se faz, unicamente, pelas experimentações práticas da robótica educacional. As abstrações empíricas são originadas dessas interações e são importantes para desencadear reflexionamentos e reflexões. No entanto, as relações com outras áreas do conhecimento, os questionamentos e busca de soluções são próprios dos sujeitos envolvidos no processo, que terão suas estruturas cognitivas alteradas, com sucessivas assimilação e acomodação, na busca da reequilibração, pela abstração reflexionante, que pode ser pseudoempírica, mas ainda assim, reflexionante.

Também, espera-se uma contrapartida, ou seja, que diferentes propostas do uso de mecanismos robóticos possam ser desencadeadas a partir de conhecimentos adquiridos na integração com o grupo, na relação professor / aluno ou em pesquisas originadas, até mesmo, de uma simples curiosidade. Freire diz que *“a curiosidade ingênua que, ‘desarmada’, está associada ao saber do senso comum, é a mesma curiosidade que, criticizando-se, aproximando-se de forma cada vez mais rigorosa do objeto cognoscível, se torne curiosidade epistemológica”* (FREIRE,

2013, p. 33). É importante ressaltar que a liberdade de ação, mediada pelo professor, que deverá permear sugestões de atividades tais que possam articular um caminho entre as diferentes áreas do conhecimento é de igual importância àquela ação sugerida pelo aluno, a partir de uma curiosidade aflorada a partir do objeto em estudo. A prática de robótica educacional quando, acompanhada da abstração reflexionante, possibilita que o sujeito assimile os novos estímulos às estruturas cognitivas que já possui.

Na evolução dos esquemas, ou na evolução da ação do sujeito, o que equivale ao mesmo, podemos seguir uma complexidade crescente. Uma vez formado um esquema, uma totalidade que atribui unidade a uma gama de ações, este é aplicado a um número sempre maior de objetos, generalizando-se (BECKER, 2011, p. 90).

A aprendizagem não constitui acúmulo de conhecimento, mas sim o desenvolvimento das capacidades cognitivas. Dessa forma, a educação deve estar voltada ao processo de aprendizagem e utilizar de instrumentos que valorizem esse processo. A robótica educacional, se permitida seu uso com o intuito de fazer o aluno “pensar” sobre o que deseja experienciar, não só estará oportunizando a busca do conhecimento, como também formará cidadãos para uma vida melhor. “*O ideal da educação não é aprender ao máximo, maximizando os resultados, mas é antes de tudo ‘aprender a aprender’; é aprender a se desenvolver e aprender a continuar a se desenvolver depois da escola*” (PIAGET, 1973, p. 32).

É necessário ressaltar que, ao privilegiar determinadas práticas, o professor assume uma postura pedagógica que, provavelmente, está relacionada com as concepções sobre como ocorre a aprendizagem. Certamente, Jean Piaget não desenvolveu sua teoria a partir dos ambientes computacionais de que hoje dispomos, mas os princípios piagetianos parecem muito atuais quando analisados sob o prisma dessas novas tecnologias. E parece bastante relevante realizar uma reflexão crítica acerca do papel desses novos instrumentos computacionais, no desenvolvimento da estrutura cognitiva do aluno, em diferentes áreas do conhecimento.

A relevância de trabalhar com instrumentos e máquinas, analisar e produzir hiperobjetos, propor e implementar alterações e inovações, além de produzir conhecimento, está na compreensão de que a tecnologia se faz a partir de escolhas e que estas são feitas por pessoas. Nas escolas, a população que a frequenta, pode ter na robótica educacional o início do pensamento crítico, enquanto usuário da tecnologia.

Dessa forma o papel do educador vai muito além da transmissão de conhecimento. Freire (2013), ao falar da ação do professor, diz ser a de incitar o aluno a fim de que ele, com os materiais que o educador oferece, produza a compreensão do objeto em lugar de recebê-la, na íntegra. A robótica se presta a esse procedimento. É um material pelo qual o aluno sente-se à vontade de desvendar e, com isso, compreender diferentes disciplinas e conteúdos podendo expandir seu conhecimento além das fronteiras de uma sala de aula.

É importante superar o paradigma que se tem de que a robótica é uma atividade extracurricular e reconhecer na robótica uma ferramenta de aprendizagem, que permite gerar interessantes ambientes interdisciplinares, tendo o estudante como ator principal que pode criar as suas próprias ideias a partir dos conceitos que está sendo compartilhado e relacioná-los com sua própria realidade (SÁNCHEZ e GUZMÁN, 2012, p. 127).

As novas formas de acesso a informação possibilitam uma aprendizagem mais ampla e livre, para o aprendiz buscar e se integrar num universo colaborativo. Segundo Lévy (2010), a renovação dos saberes não passa necessariamente pela escola, mas passa, certamente, pelo trabalho do aprendiz em comunhão com os saberes dos outros. As tecnologias digitais ampliam as possibilidades de ação e, conseqüentemente, da intelectualidade. A escola, enquanto espaço de formação de conhecimento, deve oportunizar essa liberdade de busca de saberes e dar oportunidade e condições ao aluno de utilizar de tecnologias, como por exemplo, dos hiperobjetos da robótica educacional que são canais que instigam a questionamentos, levam a pensamentos reflexivos, busca de informações e oportunizam soluções a estas dúvidas.

2.3.2 Robótica Educacional: como tudo começou.

O primeiro movimento de uso de linguagem de programação nas escolas se deu por iniciativa de Seymour Papert, em 1964, após ter trabalhado, por cinco anos, com Jean Piaget e sua equipe, no centro de epistemologia genética, em Genebra. Ao sair desta instituição que estuda os processos cognitivos e ir trabalhar no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), tinha conhecimentos sobre como ocorre a aprendizagem e percebeu que a tecnologia pode influenciar, de forma positiva, esse processo. Papert foi cofundador do Laboratório de Inteligência Artificial do MIT junto de Marvin Minsky e, nesse ambiente, pode continuar suas pesquisas envolvendo tecnologias na educação e, junto da equipe de Wally Feurzeig⁸, criou a linguagem “Logo”. O *Logo Programming Language*, desde o início, foi desenvolvido como uma ferramenta para ser usada por qualquer pessoa pois seus comandos são palavras da linguagem falada.

Ao mesmo tempo, foi criado um objeto de solo, denominado *Logo's Yellow Turtle*, um robô que se deslocava sob comandos executados a partir da linguagem Logo. A figura 05 mostra o *Logo's Yellow Turtle*, idealizado por Papert e a equipe do MIT e usado na forma de pesquisa, durante a década de 70, em diferentes locais. Uma das pesquisadoras que acompanharam esse projeto foi Cynthia Solomon⁹, que deixou registros dessa primeira “criatura robótica que se desloca sobre o solo”, como se referiam na época. O registro está em filme no YouTube, publicado pela própria pesquisadora, com a descrição: “*First programmed in 1970. Built at MIT AI Lab*”.

⁸ Wally Feurzeig – Pesquisador do MIT e grande conhecedor de Inteligência Artificial.

⁹ Cynthia Solomon – Cientista da computação, pioneira no campo da Inteligência Artificial, trabalhou com Seymour Papert e Wally Feurzeig, no MIT.



Figura 5: "Logo's Yellow Turtle" - Primeiro robô educacional

Fonte: Retirado do filme Logo's Yellow Turtle. Disponível em https://www.youtube.com/watch?time_continue=48&v=KeFhFPNO8hc

A linguagem Logo possibilitou que até alunos de séries iniciais pudessem desenvolver comandos que, inicialmente, movimentavam a imagem de uma tartaruga na tela do computador. Essa linguagem de programação não agradou somente as crianças. Jovens e adultos encontraram, nesse estilo amigável, uma forma muito adequada para a iniciação em linguagens de programação. Segundo Papert, *"programar a tartaruga começa com a reflexão sobre como nós fazemos o que gostaríamos que ela fizesse; assim, ensiná-la a agir ou pensar pode levar-nos a refletir sobre nossas próprias ações ou pensamentos"* (PAPERT, 1985, p. 28). Assim, com designação de "tartaruga", foi desenvolvido o primeiro robô com objetivos educacionais. Na exploração de sua estrutura e na programação de suas ações, o aluno aprendia conceitos, refletia sobre problemas e tentava solucioná-los, elaborando modelos mentais e aplicando as hipóteses levantadas, através da programação em linguagem Logo.

Em 1985, foi criada a empresa que lançou comercialmente a *Robot Roamer*, sendo o primeiro robô educacional a ser comercializado e ainda hoje é adotado em escola no mundo inteiro, inclusive no Brasil. Na figura 06, aparecem os três modelos

desenvolvidos pela empresa que comercializa a *Roamer*, do modelo original ao atual, a *Roamer 2*.

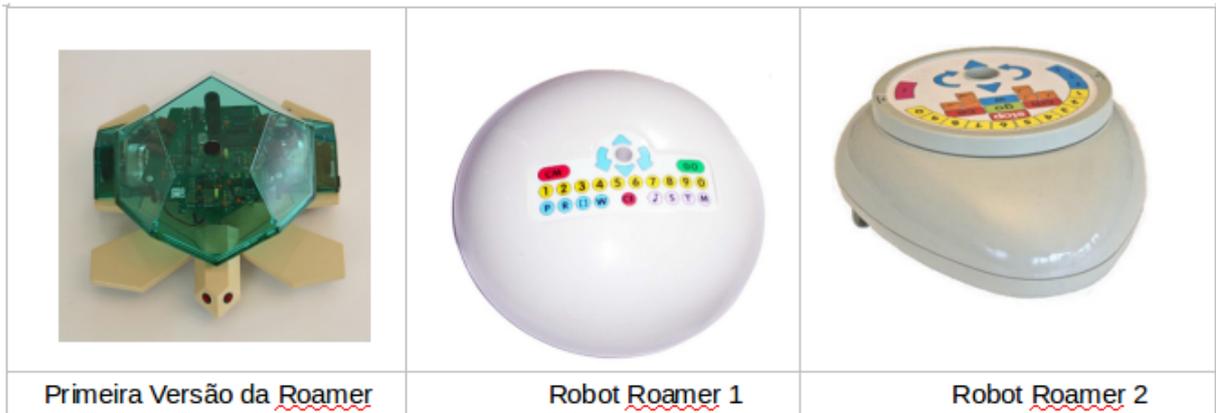


Figura 6: Modelos da Robot Roamer, desde 1989 até os dias atuais.
Fonte: Valiant Technology: <http://www.roamer-educational-robot.com>

Na figura 07, uma demonstração do movimento da tartaruga em forma de “N”, no monitor do computador que pode se repetir pelo deslocamento em “N” do objeto físico e, ao lado, a esquerda na imagem, os comandos em linguagem Logo.

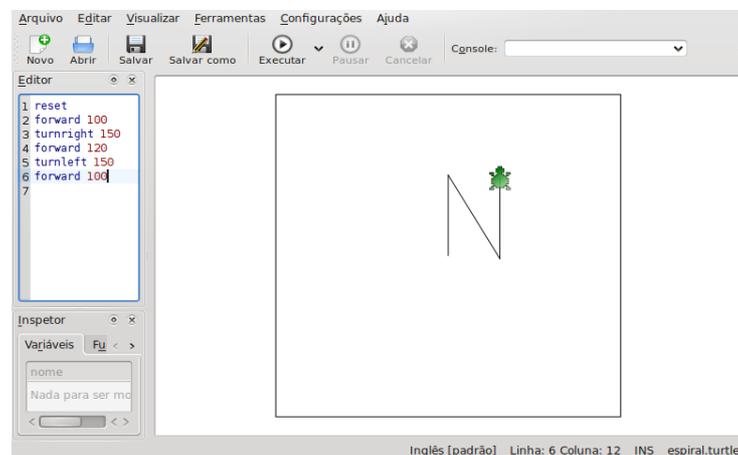


Figura 7: Exemplo de programação na linguagem Logo.
Fonte: http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/index.php/PRG-2011-1-tiago#L.C3.B3gica_de_Programa.C3.A7.C3.A3o

Atividades que envolvem robótica educacional necessitam de materiais adequados. Somente com o desenvolvimento da linguagem Logo e uma plataforma robótica podemos afirmar que houve uma estrutura adequada para trabalhar com robótica nas escolas. *“Para poder aplicar projetos de robótica em sala de aula é*

necessário dispor de diferentes ferramentas de software e/ou hardware que permitam ao estudante construir ou simular diferentes protótipos robóticos” (SÁNCHEZ e GUZMÁN, 2012, p. 124). E foi a linguagem Logo, associada as tartarugas *Yellow Turtle* e *Roamer*, que se abriu o caminho de maior interação do aluno com a produção do conhecimento, a partir de tecnologias. Surge, então, vários kits de robótica educacional, nos Estados Unidos e na Europa.

2.3.3 Principais Kits de robótica disponíveis no mercado.

Atualmente, o kit mais conhecido no mundo inteiro é o desenvolvido pelo *MIT Media Lab*, também com a colaboração de Papert. Trata-se do kit *Legó Mindstorms*, que surgiu logo após a publicação do livro desse autor, cujo título é *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*, em 1980, em *New York*. Os dirigentes da empresa *LEGO*, já uma potência em desenvolvimento de peças encaixáveis, procuraram Papert para falar sobre o potencial das peças *Legó* para fins educacionais. Neste mesmo ano, foi criado um departamento denominado *Legó Group* que mais tarde viria a ser chamado de *Legó Data*.

Em 1985, o *MIT* inaugurou um espaço de pesquisa, o *MIT MediaLab*. Segundo Hansen & Resnick (2016), entre outras pesquisas, esse departamento do *MIT* desenvolveu o kit *Legó Mindstorms*, em parceria com a *Legó Company* e o mesmo foi lançado no mercado em 1998. Esse *kit* de robótica é constituído de um microprocessador, alguns motores, sensores e peças *LEGO* o bastante para construir algumas estruturas robóticas. Da primeira versão até a última, mudaram as estruturas, mas o princípio educacional é o mesmo, ou seja, o de oportunizar a crianças e adolescentes a experiência de construir seus próprios mecanismos robóticos, sem muitas dificuldades.

Este *kit* de construção baseia-se na tecnologia do tijolo programável do *MIT*, onde um pequeno computador portátil está incorporado no interior de uma peça *LEGO* tradicional. Com esta tecnologia, o tijolo é capaz de interagir com o mundo físico, através de sensores e motores, permitindo que as crianças possam construir e programar os seus próprios robôs e outros aparelhos computadorizados. Esta

tecnologia tem sido usada não só para brincar e aprender por crianças e adolescentes, mas também como uma ferramenta de prototipagem rápida por parte das empresas (por exemplo, pelo Serviço Postal dos EUA).(HANSEN e RESNICK, 2016, p. 01).

Na figura 08, são apresentadas as três versões – RCX, NXT e EV3 - do *Kit Mindstorms* e exemplos de montagem de um robô humanóide. Na figura 09, um exemplo de programação básica para fazer um robô, com sensor de luminosidade, seguir uma linha, versão EV3 do *Legó Mindstorms*.



Figura 8: Kits Lego Mindstorms – versões RCX, NXT e EV3
 Fonte: Filme do Youtube: 15 Years of Lego Mindstorms - RCX, NXT & EV3

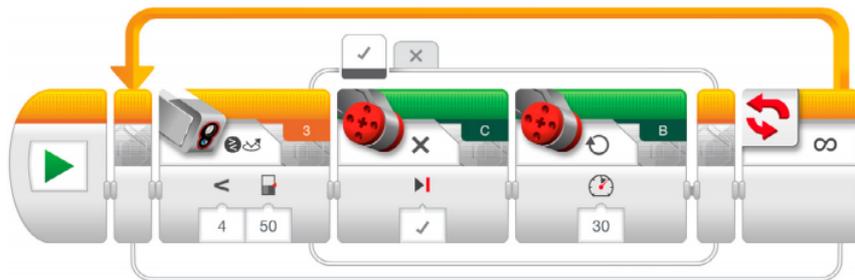


Figura 9: Exemplo de programação, na versão EV3, do *Legó Mindstorms*.
 Fonte: LEGO Group. ©2015 The LEGO Group.

Outro *kit* de robótica educacional bastante importante na história da robótica é o *Fischertechnik*. Idealizado pelo professor Arthur Fischer, na Alemanha, também consiste de blocos, placas e barras de encaixes que formam estruturas fixas e móveis. Em 1965 foram criadas apenas as estruturas que se encaixam. Trinta anos depois, já era considerado um *kit* de robótica porque nele foram inseridos sensores,

motores, um microcontrolador e outros acessórios. O *kit* de robótica Fischertechnik e um exemplo de programação pode ser observados na figura 10. É também mundialmente usado em escolas de ensino médio e em universidades, em cursos de engenharia e sistemas de computação.



Figura 10: Kit de robótica educacional Fischertechnik e software de programação.
 Fonte: Site da Fischertechnik: <http://www.fischertechnik.de/home.aspx>

A programação dos mecanismos robóticos construídos a partir do kit *Fischertechnik* pode ser feita a partir de comandos contidos no *Scratch*. Esta linguagem de programação, também foi desenvolvido pelo MIT MediaLab, no ano de 2003 e consiste de programação em blocos, o que permite uma compreensão rápida dos comandos. Esse software é bastante importante para ensinar programação em escolas, não só quando adaptado para robótica, quanto para animações e outras atividades educacionais. Segundo Brennan & Resnick (2012), as práticas envolvendo programação tem como foco o processo de pensar e aprender, muito além do que se está aprendendo e, sim como se está aprendendo. Quando as pessoas aprendem a programar no *Scratch*, elas aprendem estratégias importantes para resolver problemas, desenvolver projetos e comunicar ideias. Na figura 11, uma imagem da tela do computador onde aparece o cenário de um jogo de labirinto e parte da programação ao lado.

Até aqui foram apresentados alguns exemplos de robôs e *kits* de robótica desenvolvidas por empresas onde o grau de complexidade não pode ser explorado muito profundamente porque são de direitos proprietários. Os mesmos foram disponibilizados para que os usuários possam programar os microprocessadores, que se encontram fechados dentro de estruturas, como por exemplo, o material da Lego, sem liberdade de alterações. As *copyrights*¹⁰ impedem qualquer movimento de exploração desses hardwares. O mesmo não ocorreu com alguns dos *softwares*. Desde o seu lançamento, tanto a linguagem *Logo* quanto a *Scratch*, foram divulgadas com licenças permissivas de uso, reuso, modificação e divulgação.

2.3.4 Robótica Educacional Livre

A ecologia cognitiva proposta por Lévy (1998), vem propor uma nova linguagem de interação e comunicação, onde a informação é a base desse processo. A cognição humana não mais deve fazer parte de uma única pessoa ou de um grupo seletivo delas. O processo de receber, transmitir e operar informações ganhou um espaço maior com as tecnologias digitais, onde o conhecimento científico e tecnológico se expande e se aprimora. Surgiu a cibercultura, que Lévy (2010), relaciona com a educação, enfatizando a velocidade de surgimento e de renovação de saberes e “*savoir-faire*”. Enquanto nossos antepassados escolhiam um ofício ou profissão e nele permaneciam pela vida toda e tinham sua cultura muito restrita a uma comunidade ou região, hoje nossos filhos estão envoltos por uma infinidade de possibilidades que são criadas, se ampliam, se extinguem ou se renovam, num curto espaço de tempo. O saber-fazer (*savoir-faire*) tem hoje uma nova conotação. As informações para produção do conhecimento estão (ou deveriam estar) acessíveis no ciberespaço¹¹, de forma que qualquer pessoa não

10 Copyright – direito exclusivo do autor. É um conjunto de prerrogativas conferidas por lei à pessoa física ou jurídica criadora da obra, para que ela possa usufruir de quaisquer benefícios morais e patrimoniais resultantes da exploração de suas criações (WIKIPEDIA, 2017)

11 Ciberespaço – Definido por Lévy como “o espaço de comunicação aberto pela interconexão mundial dos computadores e das memórias dos computadores”.

iniciada naquele ofício ou profissão pode dar início ao conhecimento no assunto. Dessa forma, Lévy (2010, p. 159) diz que *“trabalhar quer dizer, cada vez mais aprender, transmitir saberes e produzir conhecimentos”*. O autor sinaliza as substituições que antes só cabia classificar como pertencente ao humano, na lista que segue:

- Memória – banco de dados, hiperdocumentos, arquivos digitais, etc.
- Imaginação – simulações (virtuais ou não).
- Percepção – sensores digitais, telepresença, realidades virtuais.
- Raciocínio – inteligência artificial, modelização de fenômenos complexos.

A escola, diante dessas novas formas de acesso à informação, memórias dinâmicas, novas formas de percepção e imaginação e novos estilos de raciocínio e de conhecimento, tende a mudar sua forma de agir. Segundo Levy,

Devemos construir novos modelos de espaços de conhecimentos. No lugar de uma representação em escalas lineares e paralelas, em pirâmides estruturadas em “níveis”, organizadas pela noção de pré-requisitos e convergindo para saberes “superiores”, a partir de agora devemos preferir a imagem de espaços de conhecimentos emergentes, abertos, contínuos, em fluxos, não lineares, se organizando de acordo com os objetivos ou os contextos, nos quais cada um ocupa uma posição singular e evolutiva. (LÉVY, 2010, p. 160).

Da mesma forma, Castells (1996), descreve a sociedade informacional, relacionando tecnologia e sociedade, que permitiu uma transformação não antes experimentada. Não foram somente as máquinas que adquiriram novas funcionalidades, que antes eram tidas como habilidades que somente o humano dominava. O próprio homem se transforma diante da possibilidade de interação nessa nova era informacional.

Essa universalidade sem totalidade se deve a explosão do ciberespaço onde não há uma centralidade, nem um gerenciamento, mas um espaço livre de inteligência coletiva, onde os atores farão uso dos dados, conforme seus interesses e conhecimentos. *“Nesse contexto, o professor é incentivado a tornar-se um animador da inteligência coletiva de seus grupos de alunos em vez de um*

fornecedor direto de conhecimentos” (LÉVY, 2010, p. 160). Na educação escolar isso só se torna possível com o uso de tecnologias e redes de comunicação disponíveis a todos.

Nessas tecnologias intelectuais propostas por Lévy pode-se incluir a robótica educacional como uma exteriorização parcial ou extensão do que ele chama de ciberespaço. Pode-se considerar um espaço de aprendizagem onde a navegação se faz num hiperobjeto, representado pelo robô ou mecanismo robótico, em comparação ao hipertexto, já há muito estabelecido. Ambos propõem novos estilos de raciocínio e de conhecimento. Estes, atualmente, se encontram ampliados, pois não se faz de forma isolada e sim em rede, numa inteligência coletiva, onde hipertextos e hiperobjetos são instrumentos que validam esses conceitos.

Lévy (2015, p. 28), define inteligência coletiva como *“uma inteligência distribuída por toda parte, incessantemente valorizada, coordenada em tempo real, que resulta em uma mobilização efetiva das competências”*. As práticas com robótica educacional oportunizam esse ambiente favorável à inteligência coletiva. São construídos hiperobjetos a várias mãos, onde saberes de uns complementam de outros e se intercambiam para resolução de problemas. Os raciocínios são compartilhados e, de imediato, são levantadas hipóteses que são logo testadas e os resultados analisados por todos que, em conjunto, trabalham.

Segundo Pezzi,

Hiperobjeto é o termo que remete a um objeto ao qual se agregam ações e/ou conjuntos de informação na forma de blocos de códigos, textos, palavras, imagens, sons, funções e ações, cujo acesso se dá através de referências específicas que, no meio digital, são denominadas hiperlinks, ou simplesmente links. Um objeto pode ser transformado em hiperobjeto pela disponibilização de hiperlinks que dinamizam o acesso ao que se conhece ou é relevante saber sobre o objeto em cada contexto. (Pezzi, 2015, p. 176)

Esse conceito de hiperobjeto se agrega perfeitamente à robótica livre e à tendência de uma sociedade baseada em fluxo de informações. Sendo a robótica educacional constituída, principalmente, de atividades práticas, a implementação desse tipo de atividade nas escolas tende a se beneficiar com os hiperobjetos. São recursos e informações que vêm propiciar uma mudança de paradigma, porque o

acesso à totalidade da informação, associada a uma escola com visão não tradicional e materiais de baixo custo, é tudo o que o estudante necessita para ser o protagonista de sua própria aprendizagem.

A possibilidade de copiar um hardware qualquer, fazer pequenas ou grandes alterações no mesmo, divulgar essas cópias ou alterações sem estar infringindo uma lei de direito autoral - porque um hiperobjeto é sempre um hardware livre – ampliam as condições de exploração, investigação e, conseqüentemente, de aprendizagem e conhecimento.

Lévy (2010), propõe que nos ambientes que oportunizam a inteligência coletiva, o saber não é privilégio de um, mas de todos e a interconexão é, ao mesmo tempo, a causa da desordem e a condição de existência de soluções práticas. Na aprendizagem, a partir da robótica educacional, as competências afloram e se desenvolvem pela interação dos sujeitos entre si e pela interação dos sujeitos com o objeto em estudo, evoluindo em tempo real através de pesquisa, de trocas de informações, das experiências e das conclusões entre os membros da coletividade. De acordo com Braga (2009), a inteligência coletiva designa as capacidades cognitivas de uma comunidade, resultante das múltiplas interações entre seus membros.

2.3.5 Movimento de robótica livre e a placa Arduino

O movimento de robótica livre surge junto da cultura *hacker*, que defendem a liberdade de informações como objetivo de contribuir para o bem comum. Segundo Silveira (2010, p. 34), *“em geral, na matriz do pensamento hacker está enraizada a ideia de que as informações, inclusive o conhecimento, não devem ser propriedade de ninguém, e, mesmo se forem, a cópia de informações não agride ninguém dada a natureza intangível dos dados”*. Junto da cultura *hacker*, surge o movimento *maker* que encontra adeptos em diferentes segmentos da sociedade. Associada a isso,

mais recentemente, temos o conceito de hiperobjeto que será bem detalhado na alínea 2.3.6 desse trabalho.

A robótica tem se apresentando de forma um pouco mais expressiva nas escolas, a partir da construção de hiperobjetos com a placa de prototipação eletrônica Arduino. Desenvolvida, inicialmente com o nome de Wiring, no Instituto de Design Interativo de Ivrea (*Interaction Design Institute Ivrea*), no norte da Itália, durante o mestrado de Hernando Barragán, a placa Arduino se mostrou adequada para robótica educacional, além da aplicação em artes eletrônicas e a mídia tangível para o qual, inicialmente, foi criada. Segundo Barragán (2004), a iniciativa não visava apenas apoiar a educação nas escolas de design e artes, mas também em diferentes tipos de aprendizagem e diferentes tipos de práticas.

A placa permitirá que os usuários criem rapidamente protótipos de ideias e conceitos no mundo físico, permitindo que os usuários se concentrem na qualidade de seus projetos, na interação, nas ideias ou nos conceitos ilustrados, em vez de se concentrarem em mostrar que a tecnologia funciona. (BARRAGÁN, 2004, p. 02)

No ano seguinte, Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis se organizaram na forma de empresa, referenciaram Barragán e fizeram o lançamento da placa ao público, com o nome Arduino, na modalidade de código aberto, sob licença Creative Commons, do tipo CC-BY-SA. Esta licença dá liberdade de copiar, redistribuir, adaptar, transformar e construir a mesma placa ou assemelhada para qualquer finalidade, mesmo comercialmente. Restringe, no entanto, que o licenciado divulga ou distribua seu produto sob licença que não esta. Barragán (2004) em seu trabalho de conclusão em que apresenta o Arduino, ainda com nome de Wiring, ressalta que o mesmo foi construído e liberado para o público em geral, além dos laboratórios de pesquisa, com documentação necessária para que outros possam construí-la livremente, sem entraves.

Desde sua divulgação, o Arduino original tem se expandido em diferentes modelos, o que agrada *designers*, *hobbistas* e adeptos do "Faça Você Mesmo". Atualmente existem mais de duas dezenas de variedades de Arduinos. Nas escolas

de ensino médio, para desenvolvimento de projetos de robótica educacional, os modelos escolhidos passam por Arduino Leonardo, Arduino Duemilanove e Arduino Uno. Nas universidades e escolas técnicas, normalmente a opção é pelo Arduino Mega ou Arduino Nano, dependendo do projeto em desenvolvimento. A figura 13 apresenta o modelo Uno.



Figura 13: Plataforma de prototipação Arduino UNO
Fonte: site do Arduino: www.arduino.cc

O Arduino Uno é uma placa microcontroladora robusta o suficiente para a projetos de robótica. Baseada no microchip Atmega328P, que faz o controle de 14 pinos de entrada/saída digital, 6 entradas analógicas, um cristal de quartzo de 16 MHz, uma conexão USB, um conector de energia, um conector ICSP e um botão de reset. A ficha técnica da placa Arduino pode ser visualizada na tabela 02, onde se observa desde as operações de tensão e corrente até as dimensões da placa.

Tabela 2: Características técnicas da placa de prototipação Arduino

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA PLACA ARDUINO	
Microcontrolador	ATmega328P
Operação de tensão	5V
Tensão de entrada (recomendada)	7-12V
Tensão de entrada (limite)	6-20V
Pinos Digitais IO	14 (6 podem ser usadas como PWM saídas)
Pinos Digitais PWM	6
Entradas analógicas	6
Corrente CC por pino IO	20 mA

Corrente CC para pino 3.3V	50 mA
Memória Flash	32 KB (ATmega328P)
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Relógio	16 MHz
LED inicialização	13
Comprimento	68,6 mm
Largura	53,4 mm
Peso	25 g

Fonte: arduino.cc – tradução da autora.

A eletrônica envolvida fica facilitada quando se usa uma *protoboard*, também chamada matriz de contato ou placa de ensaio, que consiste numa placa de material não condutor, cheia de orifícios que se conectam, internamente e de maneira adequada, a um material metálico. As conexões internas e externas, usando fios adaptados, também chamados *jumpers*, facilitam a passagem da corrente elétrica quando se estabelece um circuito elétrico para uma determinada finalidade. Na figura 14, parte de uma *protoboard*, sua constituição interna mostrada pelas linhas traçadas, horizontalmente ou verticalmente, e alguns exemplos de jumpers.

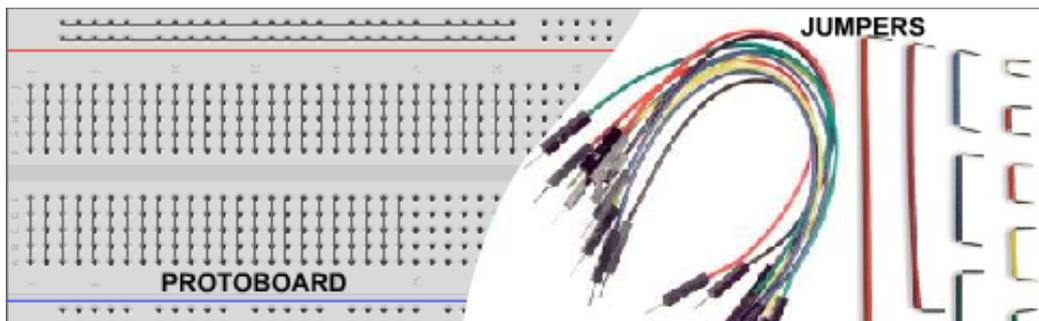


Figura 14: Parte de uma protoboard e dois tipos de jumpers
Fonte: própria autora

Para ilustrar com um exemplo prático, suponha o acendimento de dois LEDs ligados em série, a uma fonte de 5V. O esquemático do circuito, pode ser observado na figura 15.

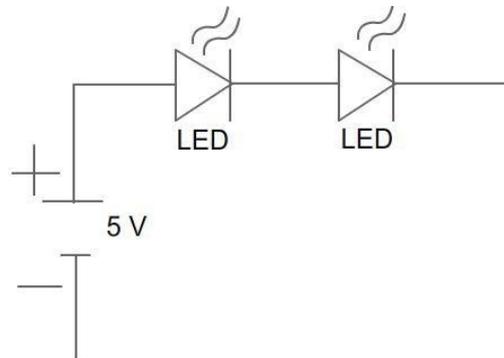


Figura 15: Esquemático de dois LEDs ligados em série.
Fonte: própria autora.

Na figura 16, é apresentada a configuração dos dois LEDs ligados em série, conectados ao Arduino e usando a *protoboard* para conexão dos LEDs entre si e com o Arduino. A tensão de 5V vem pelo próprio cabo USB que liga o Arduino ao computador ou por uma fonte externa.

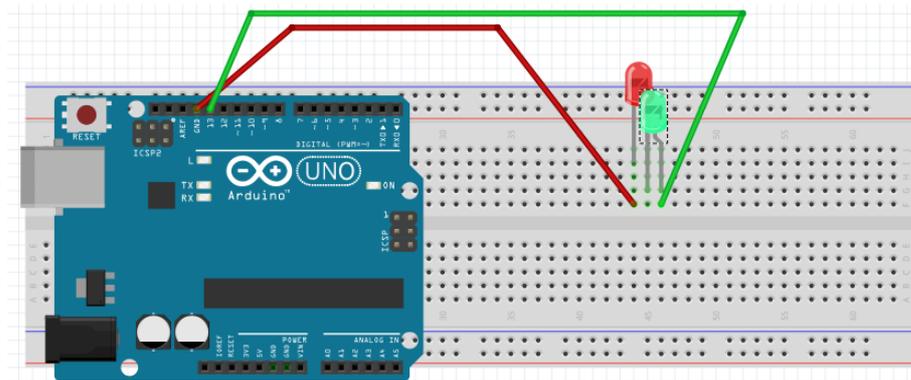
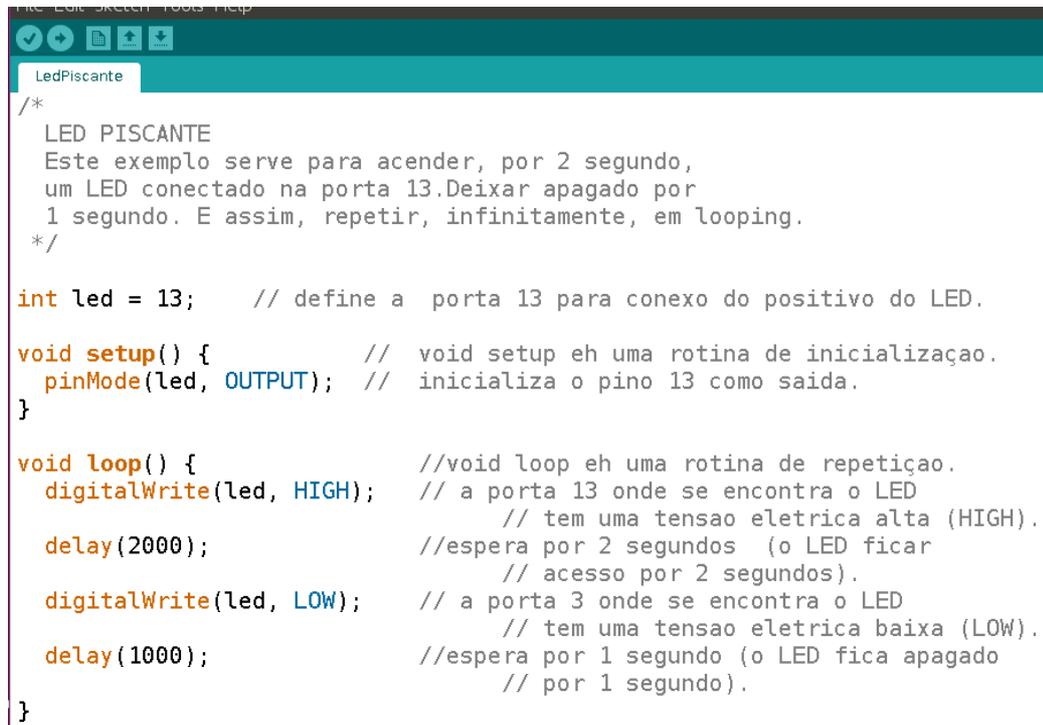


Figura 16: Circuito elétrico com 2 LEDs, em série, na protoboard.
Fonte: própria autora.

A programação da placa Arduino é feita em linguagem C++ adaptada, no Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE - sigla em inglês, de *Integrated Development Environment*). O IDE apresenta relativa facilidade de compreensão devido aos inúmeros exemplos que já estão nele sugeridos. Esses exemplos, divididos em básicos, digitais, analógicos, de comunicação, de controle, uso de sensores, display e outros podem ser usados para inicialização na aprendizagem de robotização de sistemas mecatrônicos simples. A figura 17 apresenta o código de programação desenvolvido no IDE para acionar a porta digital 13, por 2 segundos e deixá-la com energia em estado baixo por 1 segundo, ou seja, se na porta 13 for

colocado o positivo de um LED associado a outro LED em série (ou a um resistor de 220 ohms) e o negativo ao terra (GND), o LED vai piscar, ficando aceso por 2 segundos e apagado por 1 segundo.



```

File Edit Sketch Tools Help
LedPiscante
/*
  LED PISCANTE
  Este exemplo serve para acender, por 2 segundo,
  um LED conectado na porta 13. Deixar apagado por
  1 segundo. E assim, repetir, infinitamente, em looping.
*/

int led = 13;    // define a porta 13 para conexão do positivo do LED.

void setup() {   // void setup é uma rotina de inicialização.
  pinMode(led, OUTPUT); // inicializa o pino 13 como saída.
}

void loop() {    // void loop é uma rotina de repetição.
  digitalWrite(led, HIGH); // a porta 13 onde se encontra o LED
                          // tem uma tensão elétrica alta (HIGH).
  delay(2000);     // espera por 2 segundos (o LED ficará
                  // aceso por 2 segundos).
  digitalWrite(led, LOW); // a porta 3 onde se encontra o LED
                          // tem uma tensão elétrica baixa (LOW).
  delay(1000);     // espera por 1 segundo (o LED fica apagado
                  // por 1 segundo).
}

```

Figura 17: Código de programação no IDE do Arduino
 Fonte: própria autora, baseado no exemplo Blink do IDE do Arduino

Outra opção de programação dos LEDs, da mesma forma que anterior é usar o software *Scratch for Arduino (S4A)*. É possível verificar, pela semelhança, que o S4A é uma adaptação do Scratch. Este tipo de programação por blocos, como no exemplo do software S4A, derivado do Scratch, é adotado até mesmo para crianças recém alfabetizadas. É fácil compreender, na figura 18 que, se clicar no ícone da bandeirinha, a sequência apresentada ficará para sempre *em looping*. A porta digital 13 ligada (on) por 2 segundos e desligada (off) por 1 segundo. Assim, é comum que seja usado como introdução a linguagem de programação, nas escolas e mesmo nas universidades.



Figura 18: Código de programação em blocos, no S4A.
Fonte: própria autora

2.3.6 Hiperobjeto: Uma evolução do conceito de objeto físico.

A ontologia da palavra hiperobjeto vem sendo construída. Nemetz (1995) diz que o conceito de hiperobjeto está relacionado a vinculação do objeto às multimídias que o apresenta, com vantagens em organizar o assunto em diferentes níveis de interesse. Bryant (2011, p. 92), acrescenta sua interpretação de hiperobjeto “*como um objeto constituído de outros objetos. Na sua globalidade é um objeto, constituída de peças, ferramentas e atribuições que é mais abrangente do que cada peça que o constitui*”. Morton (2013), conceitua hiperobjeto como um ente com dimensões além do tempo e espaço, não podendo ser explicado com palavras, devido a sua complexidade, mas com caráter natural e computacional. Pezzi (2015), classifica os hiperobjetos como uma evolução dos hipertextos, onde se agregam ações e/ou conjunto de informações a um objeto, de forma que se diferencia deste por libertá-lo para o formato livre de exploração, construção, alterações e divulgação. Essas atribuições são valores intrínsecos ou extrínsecos ao objeto, podendo ser desde a

razão de sua funcionalidade ou designação, até informações e licenças de reprodução.

Morton (2013), um estudioso da filosofia orientada a objetos, explora a intersecção desta filosofia aos estudos ecológicos e, nessa visão, apresenta cinco características dos hiperobjetos:

1. Viscosidade – o hiperobjeto adere a outro objeto ou sistema. Estão inseridos no “eu” social e experiencial sem possibilidade de fugir dessa aderência.

2. Não-localidade – é a característica que coloca o hiperobjeto numa condição de além do tempo e do espaço. *“Eles têm limites borrados em escalas consideravelmente maiores do que costumávamos pensar”* (MORTON, 2013, p. 40).

3. Ondulação temporal – diz que os hiperobjetos nos envolvem, mas são tão maciçamente distribuídos no tempo que provoca um sentimento de familiaridade e estranheza familiar, ao mesmo tempo, como uma onda no tempo. *“Quando nos tornamos conscientes disso, a temporalidade ondulante corroi a suposta fixidez dos objetos menores que se encontram ao meu redor”* (MORTON, 2013, p. 57).

4. Faseado - hiperobjetos apresentam fases dentro e fora do mundo humano. Possuem uma dimensão impossível de ver como um todo na escala humana tridimensional que estamos acostumados.

5. Interobjetividade - todas as entidades estão interconectadas em um sistema interobjetivo formando uma malha que consiste de links e, também, de lacunas entre links. *“Essas ligações e lacunas são o que provocam a causalidade, quando pensamos em causalidade de forma expandida”* (MORTON, 2013, p.70).

Hiperobjetos são entes que não se limitam a um conceito simples. Para uma maior compreensão deve ser pensado em diferentes instâncias sociais, ontológicas e de interação. No entanto, nesse tempo de Internet, WiFi e Inteligência Artificial, as redes de comunicação, de acesso e de compartilhamento ampliam as possibilidades dessas interações. Sob a ótica da ecologia cognitiva, que se propõe a estudar as coletividades, numa sociedade informacional, *“os hiperobjetos poderão ser moldados e transformados com todo o potencial das ferramentas digitais e das*

mentes humanas” (PEZZI, 2015, p. 177). Na interação com o espaço em que está imerso e na forma da interação, se detecta um hiperobjeto.

Então, para que seja possível essas interações e transformações, existe uma interface ou meio. Segundo Bryant (2011), um meio é tudo o que estende os corpos e sentidos humanos de uma maneira ou de outra. Um meio pode ser tratado como qualquer entidade ou objeto que se estende a outras instâncias, sejam elas objetos ou não. Para esse nosso estudo, enfatizamos os meios digitais como um propulsor das interações.

Cada meio amplia ou aumenta os poderes de outro objeto, ao mesmo tempo, limitando ou ocultando outras dimensões do objeto. [...] essas relações de proporcionar e restringir, aumentar e obscurecer, nas relações entre os meios de comunicação (amplamente interpretadas) são o manancial pelo qual a emergência de hiperobjetos são tornados possíveis. (BRYANT, 2011, p. 98).

Para confrontar e, ao mesmo tempo, unificar as definições de hiperobjeto, destacamos algumas situações onde hiperobjeto é, por vezes, dimensionado. Nas artes plásticas, nenhuma obra é considerada apenas um objeto. Quando um valor maior é contemplado a um objeto, este deixa de ser apenas objeto para se transformar em hiperobjeto. Esse valor agregado pode ser de diferentes fontes, situações ou funcionalidades. Lynch (2016) afirma que hiperobjetos são conjuntos complexos que implicam sistemas maiores e enredos que apontam para a inadequação das tentativas humanas de conhecimento e compreensão. Mavrommati & Kameas (2003), quando explicam que os hiperobjetos são criados a partir de adições de capacidades, em diferentes métodos, para incorporar os aspectos de hardware, software e design, já vislumbravam que, inicialmente, as pessoas não fariam diferença entre objetos e hiperobjetos e que estes cresceriam gradualmente, de acordo com suas capacidades digitais adicionais.

Para Morton (2013), os hiperobjetos possuem características também filosóficas enquanto se analisa a influência no entorno. Marini & Toluoso (2016) entendem se deve repensar o significado de conceituações frente ao conceito de

hiperobjeto. Estes são menos "objetos" no sentido de menos distanciados do homem, porque há uma interação constante e resultante do entrelaçamento de suas conexões. Nessa concepção, não há evolução seguindo uma linha do tempo. Em época de cultura digital, as interações entre as pessoas e entre estas e o meio aumentaram em proporção nunca antes imaginada. Segundo Latour (2013), as ações do homem devem ser consideradas politemporais e sugere que se faça uma reagrupamento de elementos contemporâneos ao longo de uma espiral e não mais em uma linha.

2.3.6.1 Hiperobjetos na Ciência e na Educação

Em suas essências, as ciências e a educação utilizam-se de muitos objetos de estudo que transcendem o espaço físico que ocupam. Eles têm uma relação com o conteúdo e com a finalidade. Faz-se ciência pensando em responder um questionamento e está muito além de uma mera observação dos fatos. Logo, os objetos em estudo, ou para estudo, transcendem os objetos físicos temporais.

Por exemplo, um experimento desenvolvido em uma aula de Física, quando se propõe a demonstrar algo em sua forma física tem uma dimensão que se expande para outras dimensões a nível de pensamento, com as reflexões pertinentes a cada pessoa. Estas reflexões estão associadas a cada esquema cognitivo que é próprio de cada um.

Da mesma forma na educação, a informação é o material de trabalho que se usa para produzir conhecimento. Acadêmicos, alunos de ensino médio ou de escola primária sempre vão interagir com os objetos em estudo diferentemente do que fariam se não o tivessem sobre o desejo de conhecê-lo melhor ou, por meio dele, fazer análises e chegar a conclusões. No uso de tecnologias na educação, esse conceito fica mais evidente, onde não mais é possível conceber que um computador seja usada apenas como uma máquina de editar texto, planilhas, vídeos ou pesquisas on-line. O computador é uma máquina para programação e deve ser usado para criar novas coisas a partir dele. Papert (1985) afirma que o computador é

uma “*máquina para pensar*” de forma que transcende ao significado comum a ele atribuído. A esse “pensar”, Papert se referia a aprender com o computador, ou seja, usá-lo em toda sua concepção de hiperobjeto na educação, deixando de ser um usuário para ser um explorador e dessa busca de informações, produzir conhecimento, divulgá-lo e se sentir realmente ativo no processo de aprendizagem. Pezzi et al. (2017), quando se referem a hiperobjetos na educação comentam que

o fato de estar produzindo conhecimento novo também serve como estímulo ao aprendizado; e até mesmo a documentação de projetos, tarefa comumente considerada enfadonha, pode se tornar incentivadora quando alunos da educação básica percebem que seu trabalho está disponibilizado e será usado pela comunidade lado a lado ao trabalho desenvolvido na universidade. (PEZZI et al. 2017, p. 218)

2.3.6.2 Hiperobjetos enquanto ferramenta que oportuniza informação e conhecimento.

Convergindo todas essas informações para distinguir um hiperobjeto, podemos defini-lo pelas suas características de ampliação e difusão no espaço-tempo, podendo criar vínculos de significação, compreensão e valorização para o indivíduo com o qual interage, sem com isso limitá-lo ou torná-lo propriedade de alguém. Para cada um, o hiperobjeto terá diferentes valores intrínsecos ou extrínsecos, cabendo ao agente da interação fazer as conexões de acordo com seus níveis de abstrações e esquemas cognitivos, apoiados ou não, por ferramentas digitais.

Hiperobjeto tem uma dimensão maior do que, aparentemente, apresenta. Tem a estrutura física que o caracteriza como objeto físico mas também tem uma fluidez atemporal que pode ser encontrado em sua documentação demonstrativa de como foi construído e para que serve, em suas análises gráficas de atuações a cada instante, em sua existência *online* que o representa em bites e bytes, e/ou em sua capacidade de reproduzir-se, de expandir-se e de associar-se a outros hiperobjetos.

2.3.6.3 Hiperobjetos, hardware livre e uma cultura em expansão.

A cultura da propriedade intelectual restringe as possibilidades de expansão do conhecimento, porque as tentativas de exploração, manuseio e alteração podem ser consideradas crimes. Essa cultura provém de uma época em que só existiam possibilidades de um bem pertencer a uma pessoa ou a um grupo de pessoa. Se deixasse de pertencer àquela pessoa ou grupo, era pela venda, doação ou furto. Agora, com o surgimento das licenças permissivas, alguns bens intangíveis podem ser livremente utilizados, de forma que uma cópia pode coexistir com outra cópia ou nova versão, atualizada, sem que a primeira deixe de pertencer a seu dono.

Lessig (2008) criou os termos Read / Write (RW) e Read / Only (RO) para definir essas duas diferentes culturas. Na cultura RW há a possibilidade de criar e recriar em cima do que já existe, ou seja, foi criado por outrem. Se é um arquivo, você pode ler, escrever nele e até mesmo alterar o que está lá escrito. Se é um produto em desenvolvimento, você pode aprender com ele, inserir novos mecanismos e até mesmo descartar alguns ou totalmente. Na cultura RW há uma liberdade para agir, enquanto na cultura RO, existe a possibilidade apenas de ler, visualizar, sem alterar nada do que lá está. A preocupação de Lessig é compreensível quando o mesmo diz que,

em um mundo em que a tecnologia implora a todos nós para criar e disseminar o trabalho criativo de forma diferente de como fomos criados, que tipo de plataforma moral vai sustentar os nossos filhos, quando o seu comportamento normal é considerado criminoso? Quem eles vão se tornar? Que outros “crimes” vai, para eles, parece natural?” (LESSING, 2008, p. 28).

Há uma dicotomia na forma como queremos atuar na sociedade. Por um lado, incentivamos a exploração para que haja aprendizagem, por outro incentivamos o respeito às normas vigentes, porque acreditamos na importância das leis e diretrizes de uma sociedade com direitos e deveres. A cultura RW se postula a partir de uma filosofia de total liberdade onde aquele que cria algo, disponibiliza de forma documentada e sob os termos de licenças permissivas, para que outros possam

fazer uso de forma realmente livre, ou seja, copiar, replicar, transformar ou criar outro produto a partir daquele, desde que disponibilize esse produto originado, de forma também livre, criando assim uma massa crítica dessa nova cultura.

As novas ecologias cognitivas surgem quando os elementos de suporte ao armazenamento, transmissão e processamento de conhecimento e suas representações são adotados por uma massa crítica capaz de utilizá-los e disso beneficiar-se (PEZZI, 2015, p. 185).

Dessa forma, surge um movimento que está sendo designado como ciência aberta, ou seja, debates sobre a possibilidade de produzir conhecimentos a partir de outros conhecimentos, como sempre ocorreu, porém, com liberdade de uso e distribuição das informações. Segundo Albagli (2015, p. 9), são duas as vertentes da ciência aberta. Uma delas se refere ao que foi comentado até aqui, ou seja, “a tensão hoje existente entre a socialização do conhecimento, da informação e da cultura, de um lado, e sua privatização, de outro”. A outra vertente diz respeito à abrangência da ciência, “envolvendo maior porosidade e interlocução da ciência com outros segmentos sociais e outros tipos de saberes, no amplo espectro de possibilidades e espaços de produção do conhecimento” (ALBAGLI, 2015, p. 10)

A ciência aberta é compreensível no século XXI, onde as tecnologias possibilitam trocas de informações, sem restrições de espaço e tempo. O uso do computador, ligado à rede de Internet, estabelece espaços virtuais de aprendizagem e de trabalho, sem precedentes. O movimento de software livre já está bem consolidado, onde um grande número de pessoas disponibilizam o código fonte para que o mesmo possa ser usado, reusado, modificado e/ou distribuído por qualquer outra pessoa, sem que se tenha infringido qualquer lei ou direito. Para isso, foram criadas licenças com termos permissivos que regulam esses procedimentos e, uma vez compartilhadas, essas informações podem gerar inúmeros outros procedimentos de pesquisa sendo que, compartilhamento de dados, informações e descobertas influem positivamente na produção coletiva.

Tem-se demonstrado que, historicamente, é no compartilhamento e na abertura à produção coletiva e não individual que melhor se

desenvolvem a criatividade e a inovatividade. A complexidade dos desafios científicos e a urgência das questões sociais e ambientais que se apresentam às ciências impõem, por sua vez, facilitar a colaboração e o compartilhamento de dados, informações e descobertas. (ALBAGLI, 2015, p. 14)

Essa nova maneira de fazer ciência tem uma estrutura já bem sedimentada, onde licenças permissivas estão estabelecidas para garantir a legitimidade das ações daqueles que usam dos conhecimentos livres para produção de novos conhecimentos. As licenças de software software e conteúdo já são bastante conhecidas. De acordo com Pezzi (2015), estes já fazem parte de ecossistemas cognitivos que integram os aspectos legais e técnicos, os quais permitem a sua sustentação. No entanto, o hardware ainda está em processo de incorporação pela comunidade científica, no que tange ao licenciamento livre, apesar da existência de documentação que ampara aqueles que desejam disponibilizar máquinas e equipamentos para cópia e distribuição. Na tabela 03 pode ser observado o ano, a origem, o autor e o nome da licença correspondente a software, conteúdo e hardware.

Tabela 3: Cronograma temporal das licenças de software livre, conteúdos livres e hardware abertos e suas autorias.

Ano	Alvo da Licença	Nome da Licença	Origem / Autor
1989	Software livre	General Public Licence (GPL)	Free Software Foundation Richard Stallman
2002	Conteúdo em geral	Creative Commons	Creative Commons / Lawrence Lessig
2007	Hardware aberto	TAPR Open Hardware Licence	Tucson Amateur Packet Radio / John R. Ackermann

Fonte: PEZZI (2015 p.182)

A licença de *hardware* aberto é a mais recente das três e ganhou muitos adeptos na cultura DIY ou “Faça você mesmo”, sejam eles geeks, hackers, makers ou cientistas cujas pesquisas dependem de informações com licenças permissivas. Essa cultura “tem como princípio que qualquer pessoa pode criar, prototipar,

produzir, vender e distribuir qualquer produto" (BORGES et al., 2015, p. 24). De acordo com Kera (2015), a denominação de "fazedores" ou "faça você mesmo" é dirigida a todos aqueles que, tendo os materiais adequados, buscam as informações necessárias e produzem, de forma autônoma ou socializada, determinada tarefa. "Participantes descritos como geeks, hackers e fazedores [...] inclui qualquer cidadão-cientista, designers, engenheiros, ativistas, dispostos a engajar-se, compartilhar, aprender e ensinar em um ambiente aberto" (KERA, 2015, p. 161). Ainda, conforme a mesma autora, a colaboração informal entre um grupo global formado por *hackers*, *fazedores*, especialistas, juntamente com cidadãos amadores, tanto on-line como off-line, usando hardware aberto, de maneira simples torna possível uma ciência socialmente inclusiva, que envolve e inspira em vez de apenas resolver problemas.

O movimento pela ciência aberta, em seu formato atual, reflete, na verdade, novos modos de pensar e de exercer a *cientificidade*, com repercussões diretas sobre os compromissos, normas e arcabouços institucionais que interferem diretamente na prática científica e nas suas relações com a sociedade. (ALBAGLI et al., 2015, p. 14).

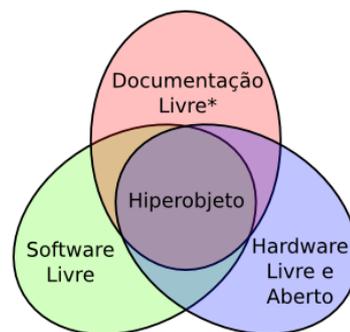
A palavra *hardware* está ainda muito associada a computadores ou máquinas digitais. No entanto, *hardware* é todo instrumento físico, seja ele um lápis, uma chave de fenda, um celular ou uma máquina cortadora a laser. Segundo Pezzi et al. (2017), o termo *hardware* pode ser utilizado para uma ampla representação de ferramentas e instrumentos (incluindo os científicos), além dos computadores e dispositivos eletrônicos.

Numa concepção mais abrangente, Pezzi (2015) define educação aberta, hardware livre e hiperobjeto, de tal forma que o ideal desse conceito será quando tivermos objetos livres, construídos por máquinas livres e disponibilizados de forma livre, com todas as licenças disponibilizadas para que isso se efetive e liberte o usuário para uma cultura que tende a abrir caminhos para uma educação mais ampla. Assim como a "www" foi disponibilizada livremente e, dessa liberdade de compartilhamento de informações, surgiu uma nova concepção de tecnologia da

informação, espera-se que os hiperobjetos libertem as máquinas para uma liberdade maior do usuário.

Hiperobjeto pode ser entendido como a interseção entre hardware livre, software livre e documentação livre, ou seja, é um objeto que foi criado com ferramentas livres, pode ser utilizado com software livre e sua documentação é livre. A documentação livre engloba todo o material multimídia acerca do objeto que esteja disponível sob os termos de licenças permissiva e formatos abertos, idealmente construída com software livre. (PEZZI et al., 2017, p. 213).

A figura 19, apresenta a interseção de hardware livre, software livre e documentação livre como sendo as características mais importantes de um hiperobjeto como um ente da ciência e educação aberta que amplia as possibilidades de transformação de informações em conhecimento.



* de acordo com a definição de obras culturais livres

Figura 19: Conceito de Hiperobjeto
Fonte: Pezzi (2017)

“O indivíduo está em construção permanente desde o momento de seu nascimento até sua morte e, como resultado, a aprendizagem e a experiência do mundo são parte integrante da sua existência” (ZIGLIARA, 2014, p. 76). Se a informação está disponível sob licenças livres e abertas e a educação se amparar nessas premissas, as probabilidades do indivíduo evoluir, cognitivamente e permanentemente, são ampliadas.

*Arte e ciência tem tudo a ver.
Quando nós alcançamos essa libertação,
nós aumentamos a consciência e, na verdade,
o que diferencia o homem não é só a função
semiótica, criar símbolos para representar
o que ele pensa, mas também é aumentar
a tomada de consciência e ser
seres conscientes para pensar em valores,
em atitudes, em mudanças de concepções.”
Léa Fagundes (2012)*

3 MÉTODO DE PESQUISA

Usando a definição de metodologia como “o caminho do pensamento e a prática exercida na abordagem da realidade” (MINAYO, 2002, p. 16), aqui se busca detalhar as práticas realizadas durante a aplicação dos objetivos desse trabalho. A mesma autora, aponta que “a metodologia inclui as concepções teóricas de abordagem, o conjunto de técnicas que possibilitam a concepção da realidade e o sopro divino do potencial criativo do investigador” (MINAYO, 2002, p. 16). Dessa forma, se procurou planejar e executar ações que privilegiem a realidade da pesquisa, tendo como base os questionamentos que a nortearam, com a participação da investigadora em diferentes proporções, mas sempre consciente de que a interferência da mesma deve ser de tal forma, que não afete os resultados fidedignos da pesquisa.

Sempre que possível foram quantificados os resultados. No entanto, esse trabalho apresenta dados qualitativos em sua maior parte e, como tal, essa pesquisa se apresenta. Segundo as definições de Bogdan & Biklen (1994), a investigação

qualitativa possui cinco características, muito embora, alguns estudos podem não apresentar uma ou mais dessas características. São elas:

- A fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal – Embora sejam utilizados vídeos, áudios, blocos de anotações ou outro equipamento, as informações são obtidas por contato direto.
- É descritiva – Os dados colhidos são em forma de palavras, sons ou imagens e não de números, onde nada é trivial. Até mesmo gestos, piadas, desenhos ou palavras especiais podem ser considerados dados para avaliação.
- Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos – As estratégias se baseiam na forma como as expectativas se traduzem nas atividades, procedimentos e interações diárias.
- Os investigadores tendem a analisar os seus dados de forma indutiva – As abstrações são construídas à medida que os dados particulares que foram recolhidos se vão agrupando.
- O significado é de importância vital – As perspectivas dos participantes, a dinâmica interna das situações, a situação não visível, mas perceptível pelo participante.

Os investigadores qualitativos em educação estão continuamente a questionar os sujeitos, com o objetivo de perceber 'aquilo que **eles** experimentam, o modo como **eles** interpretam as suas experiências e o modo como **eles** próprios estruturam o meio social em que vivem. (BOGDAN e BIKLEN, (1994, P. 51) apud PSATHAS (1973).

Por ser tratar de um trabalho com embasamento teórico em Jean Piaget, se buscou entender o método clínico, adotado por ele em suas pesquisas e apresentado, com muitos detalhes, em suas pesquisas. Consiste em colocar o sujeito em estudo a participar de experiências, propostas de ações e trabalhos,

projetos, situações de dúvidas, e outros tipos de questionamentos e analisar suas reações, a partir de conversações sem interferência sobre a resposta.

Durante os procedimentos de pesquisas, podem ser trocadas variáveis, modificar situações, levantar hipóteses e diante desse jogo desprovido de outras intenções senão aquelas em que se quer verificar, fazer registros de todos as falas, das intenções, das conversações entre os envolvidos e das respostas às perguntas formuladas. Vale ressaltar que Piaget agia como profundo conhecedor de psicologia, da qual tinha formação e “*praticou a clínica psiquiátrica, portanto sabia do que falava*” (Ducret, 2004, p. 1). Desde suas publicações mais primordiais, Piaget (1918) demonstrava que avaliações qualitativas tinham fundamental importância e, portanto, deveriam ser consideradas.

Nos tempos modernos (*referindo-se a 1918*), e especialmente desde o matematismo universal de Descartes, a ciência limitou-se ao estudo da quantidade. Um fenômeno tem de valor para o cientista apenas se for mensurável e se as quantidades que ele oferece para experimentação forem comparáveis às de outros fenômenos. A biologia e ciências da mente, é verdade, constantemente introduz qualidade em seu campo de estudo, mas sempre com o motivo oculto que é provisoriamente e que mais cedo ou mais tarde o montante irá verificar as leis assim estabelecidas. Para os antigos, pelo contrário, tudo era de qualidade nas ciências naturais, e toda a ciência foi modelada sobre o tipo de biologia de Aristóteles. Onde está a verdade? Não estou tentando colocar os resultados da ciência moderna em suspeita, mas me pergunto se o exclusivismo não é um abuso. (Piaget, 1918, p. 149).

Na época em que Piaget fazia suas análises, estas eram registradas por escritos, com todos os detalhes, das conversações realizadas. Essa é uma atitude ainda incentivada. No entanto, hoje podemos facilmente coletar áudios e vídeos que registram essas conversações para análise posterior. Neste trabalho, além de registros ocasionais em bloco de anotações, foram feitos registros em áudio e vídeos das conversações entre os sujeitos desta pesquisa e entre os sujeitos e a pesquisadora. Também foi realizada análise e registros diários das atividades desenvolvidas e das observações feitas referentes a cada um dos participantes, em cadernos simples que posteriormente eram transferidos para arquivo de computador.

Diante das incertezas de aplicação correta do método clínico piagetiano, que Ducret (2004), classifica como método clínico crítico, quando direcionado a pesquisa dos mecanismos de construção do conhecimento e da inteligência na criança, optou-se em intercalar a pesquisa qualitativa, de forma objetiva, do estilo cooperativo, que, segundo Bodgan & Biklen (1994, p. 116) “*consiste em coleta de dados em que o investigador tem autorização dos sujeitos analisados para conduzir o estudo que planejou*” e a colaboração dos mesmos na aceitação e cumprimento das atividades propostas, perguntas sugeridas e problemas formulados. Logo, não se cumpre fielmente o método clínico piagetiano, porque faltam conhecimentos de psicologia e/ou psiquiatria na pesquisadora. No entanto, como educadora e conhecedora da obra de Piaget, se procurou ser o mais fiel possível em relação a não interferência às deduções e conclusões dos sujeitos pesquisados. Também se pode intercalar métodos quantitativos sempre que foi oportuno ou possível.

Em todas as etapas, os envolvidos pela pesquisa, estavam cientes que participavam de um estudo, conforme Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, apresentado em anexo A.

Para coleta de dados, três tipos de atividades foram propostas. A primeira atividade consistiu na aplicação de testes que propõem identificar os estágios de pensamento que se encontra cada participante da pesquisa, se operatório concreto, operatório formal ou um estágio intermediário entre os dois, designado por estágio pré-formal. A finalidade única é de comparação com análises finais em relação à abstração reflexionante e ao pensamento computacional, que se espera obter de cada sujeito pesquisado.

A segunda atividade teve por objetivo analisar se atividades de robótica educacional são adequadas para o desenvolvimento das habilidades do pensamento computacional. Para isso foi proposto a criação de luminárias de LEDs piscantes, controladas pelo microcontrolador Arduino, em duas etapas diferentes. Estas etapas foram intercaladas por oficinas de robótica com desenvolvimento de pequenos projetos, com ênfase na aplicação do processo de pensamento computacional. Uma comparação das ações na primeira e na última etapa deve fornecer uma resposta a

um dos objetivos específicos desse trabalho, que justamente se propõe a responder ao questionamento sobre a validade de atividades de robótica educacional para o desenvolvimento do pensamento computacional.

A terceira e última atividade de pesquisa foi um pouco modificada, em relação ao que se propunha inicialmente. Quando os objetivos de pesquisa foram definidos, a previsão era que todas as atividades seriam feitas dentro de escolas públicas de ensino médio, usando recursos eletromecânicos próprios da robótica educacional livre e as estruturas físicas seriam de material de sucata ou outro material comum ao dia-a-dia de cada um. No entanto, surgiu a oportunidade dessa última atividade ser realizada dentro de um Fab Lab, ou seja, dentro de um laboratório de fabricação digital, onde a estrutura dos hiperobjetos, além do uso de materiais quaisquer de sucata, poderiam ser confeccionados em MDF, a partir de imagens digitais e cortados em máquina à laser ou usando uma ou mais impressoras 3D, também a partir da criação de imagens em softwares específicos. E então, com recursos ampliados no sentido de mais máquinas digitais serem utilizadas, foi proposto dois cursos de extensão, sob o nome “Robótica para Adolescentes”, dirigidos para alunos de ensino médio que estivessem cursando a 1ª série desse nível de ensino.

A atividade proposta foi que os participantes da pesquisa, alunos que poderiam ter ou não conhecimento básico de robótica com Arduino, projetassem e desenvolvessem um hiperobjeto usando esse microcontrolador e que contivesse, no mínimo, um motor e um sensor (sensor óptico reflexivo ou sensor ultrassônico). Nesta atividade se busca identificar a abstração reflexionante em cada habilidade do pensamento computacional que procurou se desenvolver durante o curso.

3.1 APLICAÇÃO DAS PROVAS DE LONGEOT.

A primeira atividade de pesquisa consiste na aplicação de provas desenvolvidas por François Longeot, entre 1961 e 1965, e descrito em seu livro “*Echelle de développement de la pensee logique*”. Longeot trabalhou com Piaget e

as cinco provas por ele elaboradas, e apresentadas no livro, são justificadas pela teoria das estruturas cognitivas que evoluem. De acordo com Longeot (1974), cada indivíduo, dependendo do estágio em que se encontra, tem uma estrutura que consiste num conjunto coerente de meios e de possibilidades intelectuais e essas características podem ser evidenciadas pela análise das respostas dadas às provas por ele elaboradas.

Muitos outros pesquisadores desenvolveram e aplicaram testes referentes a teoria cognitiva de Jean Piaget. No entanto, a escolha se deu sobre três das cinco provas de Longeot porque as mesmas foram elaboradas para analisar os estágios operatórios concreto e formal, estágios estes que se espera encontrar na faixa etária dos alunos de ensino médio. As provas de Longeot envolvem lógica proposicional, operações combinatórias e operações de proporção e probabilidade. Andrade (1984) lista as provas de Longeot, junto de outras, em sua análise de aplicações de testes de Piaget, com coeficiente satisfatório de fidedignidade. No artigo "*Les grandes catégories de tests mesurant l'intelligence*" (2011) aparece as Provas de Longeot como aquelas com capacidade de avaliar o estágio de desenvolvimento que o raciocínio do indivíduo se encontra. Este nível de desenvolvimento cognitivo é avaliada por uma característica que é apenas o estágio em que se encontra, que sabemos que é transitório, diferindo totalmente dos testes de QI (Quociente de Inteligência) que, apesar de controverso, alguns autores defendem e classificam como uma situação relativamente estável.

Estas provas sofreram adaptações por Chadwick & Orellana (s/d) para serem aplicados em escolas espanholas. A opção ficou sobre essa versão espanhola, com tradução e alguns pequenos ajustes à língua portuguesa. Os ajustes se concentraram apenas em substituição de exemplos. A questão da prova das lógicas de proposições, apresentada na figura 20, consistia em afirmações das quais se apresentavam alternativas com conclusões. Foi necessário mudar a palavra "cravos" por "margaridas" porque, na primeira aplicação, a maioria dos alunos não entendia "cravo" como uma espécie de flor. Foi necessário uma explicação desta particularidade, durante a aplicação da prova. Além disso, em nova pesquisa, Piaget

(1995, p. 76) apresenta enunciado de um problema com a mesma finalidade, usando a palavra, “margarida”. Parte da descrição da questão proposta por Piaget, enquanto estudava as peculiaridades das abstrações empíricas e reflexionantes com crianças de 5 a 13 anos de idade é “*apresenta-se, em primeiro lugar, um buquê de 7 margaridas e 2 rosas, perguntando se há mais ‘flores’ ou mais margaridas*”. Considerando que Longeot se apoiava na teoria de Piaget, esta questão deve ter instigado o mesmo para elaboração da questão que faz parte da prova das operações formais, denominado como “A lógica das proposições” e apresentado na figura 20.

Afirmações:
* *Em um jardim se plantam flores.*
* *Nesse jardim existem 30 rosas e 5 cravos.*

Conclusões:
a) *Existem mais flores do que rosas no jardim.*
b) *Existem mais rosas do que flores no jardim.*
c) *Se todas as rosas forem cortadas, não haverão flores.*
d) *Nada se pode afirmar.*

Figura 20: Uma questão da prova de Longeot.
Fonte: própria avaliação.

Todos os alunos integrantes desta pesquisa, antes de participarem das atividades de robótica educacional proposta, respondendo as provas de Longeot, que se encontra no anexo B, ou online, no endereço <http://fisicamariaines.com/longeot.html>. Estas provas foram, inicialmente, respondidos na forma de lápis e papel e, posteriormente, colocados como formulário no Google Drive, por se considerar que, além de economizar papel, se estava a usar o meio digital que, defende-se como adequado para a realização desse tipo de pesquisa. Constituídos de uma série de situações-problemas onde o aluno é levado a refletir e deve dar uma resposta, classificam os sujeitos nos níveis cognitivos **operatório concreto**, **operatório formal** ou num nível intermediário a que, Longeot chamou de **pré-formal**. A finalidade da aplicação dessas provas é de apenas

comparação com os resultados das pesquisas que envolvem abstração reflexionante e pensamento computacional.

A seguir são apresentadas as primeiras questões de cada prova que já vem acompanhada da resposta para servir de exemplo àqueles que a respondem.

3.1.1 Prova das operações formais: A lógica de proposições.

Nesta primeira prova, constituída de treze questões com alternativas, os alunos respondem questões simples, do tipo:

EXEMPLO APRESENTADO:
 Analise as seguintes afirmações:
 1) Os mamíferos são animais vertebrados.
 2) Os vertebrados são animais.
 A partir destas duas afirmações é possível estabelecer conclusões. Das 3 conclusões apresentadas abaixo, somente uma está correta. Identifique esta opção e registre sua escolha
 a) Os mamíferos são animais
 b) Os mamíferos não são animais
 c) Nada se pode afirmar.

RESPOSTA APRESENTADA:
 A resposta é "Os mamíferos são animais".

3.1.2 Prova das operações formais de probabilidades.

Esta prova apresenta dez questões que envolvem raciocínio de probabilidades, do tipo:

EXEMPLO APRESENTADO:
 Cláudio e Jaime jogam cartas, em um jogo chamada "A Batalha". Neste jogo, cada jogador recebe metade das 32 cartas, dispostas em um monte à frente de cada jogador, com a face voltada para baixo. As cartas não podem ser vistas. Cada jogador vira a carta de cima do monte e o jogador que tiver a carta mais alta, fica com a sua carta e a do oponente. O jogo continua até que um dos jogadores tenha todas as cartas. Este jogador será considerado o vencedor da partida. No começo da partida, Cláudio e Jaime tem, cada um, 16 cartas. Dentre as 16 cartas de Cláudio estão 3 reis e no monte de Jaime existe 1 rei. Qual dos jogadores tem maior chance de tirar um rei na jogada seguinte?
 a) Cláudio, porque tem 3 reis dentre suas 16 cartas
 b) Jaime, porque tem 1 rei dentre suas 16 cartas.
 c) As chances para Cláudio e Jaime são iguais, porque ambos têm 16 cartas

RESPOSTA APRESENTADA:

No exemplo os dois garotos têm o mesmo número de cartas, mas considerando que Cláudio tem 3 reis e Jaime apenas um, dentre as suas 16 cartas, conclui-se que Cláudio tem mais chances de tirar um dos seus reis na próxima jogada. Logo, a opção A é a correta.

3.1.3 Prova das operações formais de combinatória.

São oito questões que envolvem análise combinatória, do tipo:

EXEMPLO APRESENTADO:

O BAILE - Depois de um almoço em família, as pessoas decidiram dançar. Há três homens (Alberto, Bernardo e Carlos) e três mulheres (Luisa, Mônica e Nelly). Quais são os pares (homem-mulher) possíveis de serem formados nesta festa improvisada? Escreva os pares, indicando a primeira letra de cada bailarino. Por exemplo: A-L, que se referem a Alberto e Luisa.

RESPOSTA APRESENTADA:

No exemplo acima, os pares possíveis de serem formados são: A-L, A-M, A-N, B-L, B-M, B-N, C-L, C-M, C-N

3.2 CONSTRUINDO LUMINÁRIAS:

Nesta segunda atividade da pesquisa, por duas ocasiões, em duas escolas diferentes, foi apresentado um projeto de uso do microcontrolador Arduino e construção de luminárias com LEDs piscantes em alternância organizada, com alunos de ensino médio sem nenhum conhecimento anterior de robótica, na faixa etária entre 13 e 16 anos. Ao todo, 16 alunos participaram dessa atividade.

Para analisar as habilidades dos alunos em relação ao pensamento computacional e, em especial, à abstração reflexionante durante suas atividades em oficinas de robótica foi estipulado um método de trabalho que consistiu em três etapas:

3.2.1 Etapa Inicial:

a) seleção de alunos sem nenhum conhecimento de robótica educacional.

b) desenvolvimento de oficinas básicas de conhecimento da estrutura do Arduino, sua funcionalidade e práticas básicas iniciais, usando circuitos elétricos com até 3 LEDs e componentes eletrônicos necessários para estabelecer ligações em série e em paralelo.

c) solicitação do desenvolvimento de luminárias com LEDs piscantes em alternância organizada e controlada pelo Arduino, a partir do conhecimento inicial. Na mesma ocasião, sem muita ênfase, lhes foi apresentado as características do pensamento computacional e sugerido que as seguissem. Também foram disponibilizadas folhas para desenhos e anotações, softwares para registros de dados, programação, simulação e orientados à pesquisa, com liberdade para perguntas e interação entre os grupos.

d) Prazo de 3 semanas, com encontros de 2 horas por semana.

e) A coleta de dados para avaliação foi através da observação das interações espontâneas ou perguntas dirigidas a cada aluno dos quais pode se registrar pequenos diálogos. Para registro, foi utilizado anotações sistemáticas das observações feitas, fotos, áudios e filmes.

3.2.2 Etapa Intermediária:

Consistiu de oficinas de robótica educacional normais que acontecem na escola, num período de 3 meses, onde os alunos continuaram a desenvolver pequenos projetos de acordo com os novos conhecimentos, referentes a sensores, motores e outros atuadores. Vale ressaltar que, nestas oficinas, foi dada continuidade ao desenvolvimento das habilidades do pensamento computacional, insistindo para que os alunos se habituassem a coleta, análise e representação dos dados, a trabalhar com pequenos problemas de cada vez, a ordenar as tarefas e automatizá-las, desenvolver a programação, depurar, encontrar paralelismo e, se possível, fazer generalizações.

3.2.3 Etapa Final:

Passados 3 meses da criação da primeira luminária e os alunos terem participado de aulas de robótica, desenvolvendo outros pequenos projetos, foi-lhes solicitado uma nova luminária, com as mesmas características da primeira e com o mesmo prazo de execução. Novas anotações, comparativas àquelas da primeira etapa, foram feitas.

3.3 CURSO ROBÓTICA PARA ADOLESCENTES

Na terceira etapa da pesquisa, para melhor avaliar o desempenho dos alunos frente as habilidades do pensamento computacional, a partir de desenvolvimentos de projetos mecatrônicos com criação e publicação de hiperobjetos, foi possível oferecer cursos de extensão em robótica, sob o nome de “Robótica para Adolescentes”. Dirigidos a adolescentes de escolas de Porto Alegre, o curso foi desenvolvido na infraestrutura de um Fab Lab, o laboratório de fabricação digital POA Lab, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Porto Alegre. Um Fab Lab (*Fabrication Laboratory*) é um espaço destinado a pessoas comuns usarem ferramentas e máquinas diversas, desde computadores, impressores 3D, cortadora a laser, plotter até furadeiras e chaves em geral, para concretizar sua criações que, em princípio, dependeria de uma indústria ou casa especializada para a execução.

Esta terceira atividade para coleta de dados, se difere da segunda em três particularidades. Enquanto em “Construindo Luminárias”, foram selecionados alunos sem nenhum conhecimento de robótica, nesta se sugeria que os alunos já tivessem passado por aulas básicas de Arduino, porque a proposta era trabalhar com motores e programação, no ambiente de desenvolvimento integrado do próprio Arduino. Outra diferenciação foi referente ao ambiente. Enquanto no projeto “Construindo Luminárias” tudo se desenvolveu na escola, com um mínimo de recurso possível, o

“Curso para Adolescente” tinha a disposição um laboratório muito bem equipado. Estas variáveis devem ser levadas em consideração na análise dos dados.

Foram orientados a fazer pesquisa, coletar dados e materiais, organizá-los, decompor o problema que lhes foi apresentado, desenvolver sequências ordenadas e automação sempre que possível, realizar simulações e depurações, paralelismo e generalizações. Ao mesmo tempo, sugeria-se que o hiperobjeto idealizado e desenvolvido por eles fosse liberado através de um tipo de licença Creative Commons, conforme instruções fornecidas no apêndice A.

A coleta de dados se fez sobre observação direta da participação e interação entre os participantes bem como de registro em fotos, áudios e vídeos, que posteriormente eram, em sua maior parte, analisados e transcrito para um arquivo de computador.

*“Eu tenho trabalhado como se estivesse
numa grande aventura”.*

Lea Fagundes (2012)

4 COLETA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Iniciando pelos dados coletados nas “Provas de Longeot”, seguidos pelos dados do projeto “Construindo Luminárias” e, na sequência, os dados referentes aos dois cursos “Robótica para Adolescentes”, são apresentadas as análises feitas que, posteriormente, levarão às considerações finais.

4.1 PROVAS DE LONGEOT

Primeiramente, essa pesquisa foi realizada entre os anos de 2015 e 2017, em três escolas da rede pública de ensino da cidade de Porto Alegre, com objetivo de fazer uma investigação sobre o nível de pensamento cognitivo de alunos que frequentavam o primeiro ano do ensino médio dessas escolas. Foram avaliados 229 alunos, com idades entre 14 e 18 anos, sendo 53% do sexo feminino e 47% do sexo masculino.

Os dados coletados demonstram que há uma grande diferença no desempenho dos alunos, considerando as escolas pesquisadas e designadas na tabela 4, por A, B e C. Enquanto todos os alunos da escola A apresentaram resultado operatório formal, 69% dos alunos da escola B e 52% dos alunos da escola C ainda não atingiram o último estágio de desenvolvimento. Nenhuma das três escolas

apresentavam índice elevado de pobreza, descartando, assim, a variável socioeconômica como fator interveniente na pesquisa. A escola A é do tipo que faz uma seleção, por meio de aplicação de provas de Português e Matemática, para seleção de ingressos no 1º ano do ensino médio. Nas outras duas, o preenchimento de número de vagas se faz por ordem de preenchimento de vagas.

A tabela 04 mostra os números totais de participantes e quantos pertencentes ao nível operatório concreto, operatório formal e operatório pré-formal (nível intermediário entre os dois primeiros), de cada escola.

Tabela 4: Dados coletados a partir do teste de Longeot, em três diferentes escolas.

Escola	Total de alunos participantes	Estágio de Desenvolvimento Cognitivo		
		Operatório Concreto	Pré-formal	Operatório Formal
A	85	0	1	84
B	84	42	16	26
C	60	19	12	29
Total	229	61	29	139

Fonte: Próprios testes de Longeot.

Observa-se que num total de 229 alunos das três escolas, que completaram as três provas de Longeot, 39,3% deles ainda não estavam no nível do pensamento formal, apesar de idade igual ou superior a 14 anos. O gráfico 1 mostra esses percentuais.

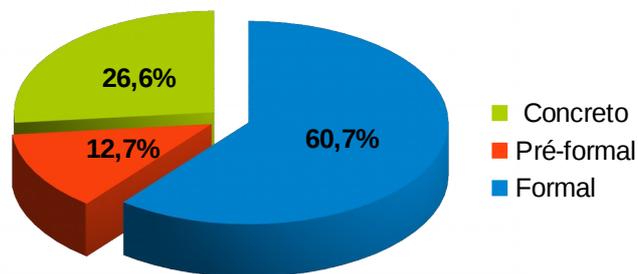


Gráfico 1: Análise percentual referente aos níveis operatórios de alunos de três escolas.
Fonte: Análise da tabela 4.

Se considerarmos apenas as escolas B e C, ou seja, aquelas em que não fazem nenhum tipo de seleção para ingresso no primeiro ano do ensino médio, essa proporção fica diferente. Nesse caso, do total de 144 participantes (escola B e C), 89 deles ainda não se encontravam no estágio operatório formal, ou seja, 61,8% deles ou eram operatório concreto ou operatório pré-formal. Estes percentuais podem ser visualizados no gráfico 2.

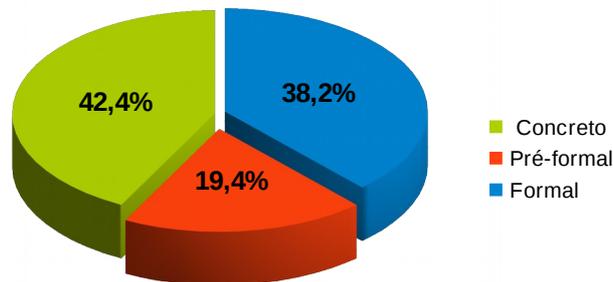


Gráfico 2: Análise percentual referente aos níveis operatórios de alunos de duas escolas que não fazem seleção de acesso ao primeiro ano do ensino médio
Fonte: Análise da tabela 4.

Essa aplicação das provas em larga escala, serviu como parâmetro para a preparação das atividades de pesquisa e também no sentido de que todos os participantes passariam por estas mesmas provas, no início de cada atividade proposta.

Logo, as atividades de pesquisas para coletas de dados referentes aos objetivos propostos neste trabalho tiveram como parâmetro que os participantes, não necessariamente, estariam no estágio de desenvolvimento cognitivo correspondente ao estágio operatório formal. Poderiam se encontrar ainda no nível de pensamento pré-formal ou mesmo, com grande probabilidade, de estarem no pensamento concreto.

4.1.1 Análise preliminar das provas aplicadas no Construindo Luminárias

Foram avaliados os dezesseis (16) participantes e os resultados obtidos estão catalogados na tabela 05, abaixo.

Tabela 5: Dados dos participantes do projeto Construindo Luminárias, segundo as provas de Longeot.

Escola	Total de alunos participantes	Estágio de Desenvolvimento Cognitivo		
		Operatório Concreto	Pré-formal	Operatório Formal
A	8	0	3	5
B	8	3	3	2
Total	16	3	6	7

Fonte: Resultados das próprias provas de Longeot.

A análise da tabela indica que 18,75% dos participantes estão no estágio operatório concreto, 43,75% deles no estágio formal e o restante 37,5% encontram-se no estágio intermediário pré-formal, caracterizado por Longeot como pré-formal.

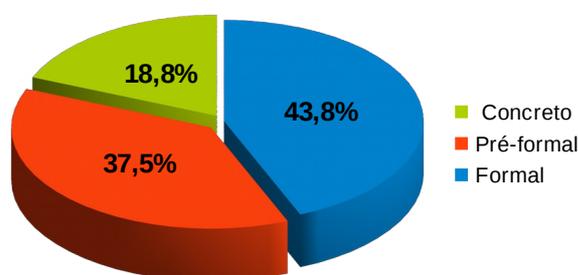


Gráfico 3: Análise percentual dos estágios cognitivos dos participantes do projeto "Construindo Luminárias".
Fonte: Análise da tabela 5.

4.1.2 Análise preliminar das provas aplicadas nos cursos Robótica para Adolescentes

Dezesseis (16) dos dezoito (18) alunos participantes fizeram os três provas. Dois (2) deles não completaram a 3ª prova e, portanto, não estão incluídos nos avaliados. Os resultados obtidos estão catalogados na tabela 06.

Tabela 6: Dados dos participantes dos cursos Robótica para Adolescentes, segundo as provas de Longeot

Curso	Alunos que participaram do curso	Alunos que realizaram as provas	Estágio de Desenvolvimento Cognitivo		
			Operatório Concreto	Pré-formal	Operatório Formal
I	8	6	2	2	2
II	10	10	3	2	5
Total	18	16	5	4	7

Fonte: Resultados das próprias provas de Longeot.

As provas realizadas apontaram um percentual considerável de participantes que ainda encontram-se no estágio operatório concreto. No entanto, a maioria deles, estão no estágio operatório formal e pré-formal (intermediário).

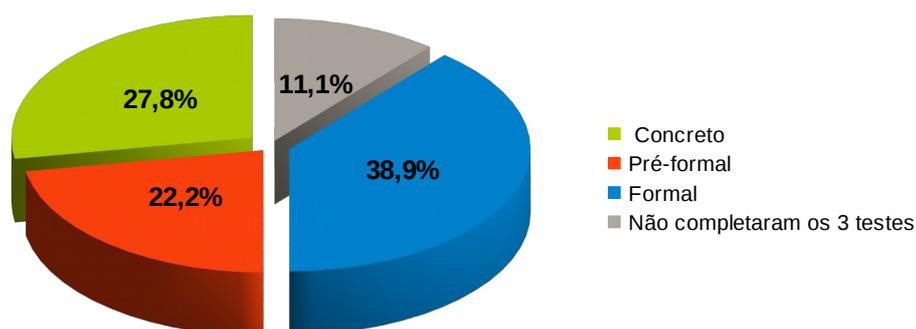


Gráfico 4: Análise percentual dos estágios cognitivos dos participantes dos cursos "Robótica para Adolescentes".
Fonte: Análise da tabela 6.

Importante ressaltar que esta análise foi feita de forma generalizada, somente após o desenvolvimento de todas as atividades, porque a intenção era não ter conhecimento de qual estágio cada aluno se encontrava no início, para não ter interferência nas observações que seriam feitas durante as atividades.

4.2 CONSTRUINDO LUMINÁRIAS

Dezesseis (16) alunos participaram deste estudo, em 2015 e 2016, em oficinas de robótica educacional, atividade extraclasse desenvolvida nas escolas estaduais de ensino médio em que a pesquisadora trabalhava como professora. Oito (8) alunos trabalharam em duplas e oito (8), individualmente. Do total de alunos, quatorze (14) estavam no primeiro ano do ensino médio e dois (2) no segundo ano do ensino médio.

Numa tentativa de identificar os níveis de abstrações e de habilidades do pensamento computacional, de cada participante da pesquisa, foram atribuídas letras A, B, C e D, correspondendo: A = “Muito bom”; B = “Bom”; C = “Regular”; D = “Não apresentou essa habilidade” ou “Não esteve presente no período da avaliação”. Os critérios para atribuição desses conceitos estão colocados em cada análise de cada habilidade.

4.2.1 Etapa Inicial

Os dados são referentes a cada habilidade do pensamento computacional, da fase inicial do Projeto Luminária e serão apresentados numa sequência em que foram coletados, muito embora o início da coleta dos dados de uma referida habilidade, como por exemplo a automação, tenha iniciado logo no primeiro dia e se prolongou até o último momento da apresentação do projeto. A sequência a que me refiro é a do início da coleta dos referidos dados.

A seguir são expostos alguns diálogos registrados entre a pesquisadora e os sujeitos participantes. Para simbolizar “pesquisador” é usado a letra “**P**” e para designar as “respostas do participante” é usado a letra **L** (maiúscula) seguida de um número de **01** a **12**, seguido da letra **A** ou **B** (maiúsculas). Por exemplo, a resposta **L02A** corresponde ao aluno **A** que participou da criação da luminária **02** e **L02B**, corresponde ao aluno **B** que participou da criação da luminária **02**. Quando a

luminária foi criação e construção de um único indivíduo, a designação da resposta, do referido participante, ficará sem as letras A ou B, como por exemplo, **L07** ou **L12**.

4.2.1.1 Diálogos referentes a formulação e decomposição do problema

Dos dados coletados, foram escolhidos dois diálogos para demonstrar como três (3) dos dezesseis (16) participantes dessa pesquisa se comportaram em relação a uma das principais habilidades do pensamento computacional que é a decomposição do problema.

Diálogo com **L02A** e **L02B**:

P: *“Vocês têm um problema a resolver. Que problema é esse?”*

L02A: *“Construir uma luminária com LEDS.”*

P: *“Formule isso na forma de uma pergunta.”*

L02A: *“Como assim?”*

P: *“Reformule o teu problema de forma que fique uma pergunta, com um ponto de interrogação no final.”*

L02A: *“Uhhhhh! ... Então! ... Como posso construir uma luminária com LEDS piscantes usando sucata e Arduino?”*

P: *“Muito bom! Agora você tem um problema. Que outros problemas menores vocês podem tirar desse problema?”*

L02B: *“Quantos LEDs usar?”*

L02A se dirigindo a **L02B:** *“Não dá pra pensar em quantos LEDs usar se nem sabemos que material vamos usar!”*, retrucou **L02A**.

P: *“Será que aí não tem outro problema que merece ser escrito, como um problema decomposto do primeiro?”* - me referindo à colocação de **L02B** - *“Sugiro que vocês façam uma lista de pequenos problemas desse problema maior que é ‘Como posso construir uma luminária com LEDs piscantes usando Arduino e sucata?’ Escrevam todos os problemas que vocês acham que existem dentro desse problema maior. Ok?”*

Deixei-os trabalhando e observei que o aluno **L02A** se manifestava intensamente, mas o aluno **L02B**, estava atento e, quando interferiu demonstrou que estava acompanhando o processo de pensamento e refletiu corretamente quanto formulou o problema “*Quantos LEDs usar?*” dentro do problema maior. Quando retornei, uns 20 min depois, essa dupla tinha uma lista de 9 problemas, ou seja, fizeram a decomposição do problema, em problemas menores, conforme eu tinha sugerido. A figura 21, mostra o registro fotográfico da folha onde escreveram esses 9 problemas, que consiste na decomposição (visão dos alunos L02A e L02B) do problema: “*Como construir uma luminária com LEDs piscantes, usando Arduino e sucata?*”

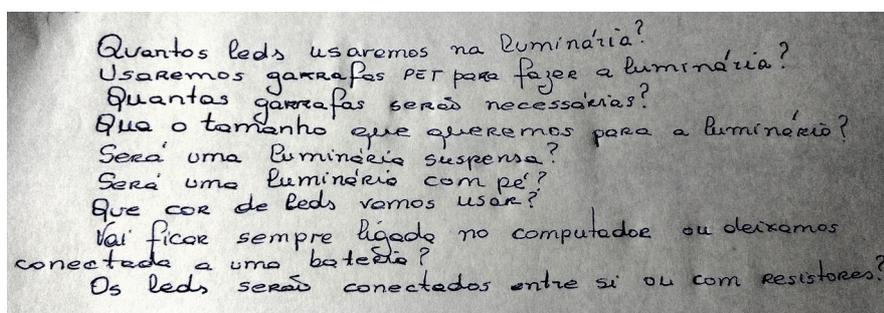


Figura 21: Exemplo da decomposição de um problema.
 Fonte: própria autora

Apesar de haver possibilidades de formulação de outros problemas menores a partir do problema inicial, avaliei como “Muito bom”, considerando que são alunos que nunca tinham desenvolvido projetos de robótica tendo como base o processo do pensamento computacional ou outro tipo de processo de desenvolvimento de projetos de robótica.

Os exemplos **L02A** e **L02B** fornecem indícios de abstração reflexionante na decomposição do problema. Quando o sujeito consegue refletir algumas possibilidades de uso de materiais fora daquele que eles têm a sua disposição na mesa de trabalho no momento, ou do que foi usado como recurso pedagógico até então, está raciocinando sobre o possível, não necessariamente o real. Quando **L02A**, de imediato, pensa um pouco e responde: “*Uhhhhh! ... Então! ... Como posso construir uma luminária com LEDs piscantes usando sucata e Arduino?*” ele

teve uma capacidade de introspecção e retrospectiva imediata, ou seja, refletiu sobre a minha colocação e reformulou, em nível de pensamento, com subsequente descrição precisa do problema.

Diálogo com L07:

Um outro exemplo, se opondo a esse, foi **L07** que parecia bem interessado e empolgado em fazer a luminária. No entanto, durante a conversa com esse aluno, referente a decomposição do problema, percebe-se que havia uma empolgação, mas nenhum processo de pensamento de como agir para dar início ao desenvolvimento do projeto luminária, como demonstrado a seguir.

P: *“Você tem um problema a resolver. Que problema é esse?”*

L07: *“Eu não tenho professora! Adorei a ideia de fazer uma luminária.”*

P: *“O que eu quis dizer é que tens um trabalho pela frente e se tu formulares ele na forma de problema, de uma pergunta, de um questionamento, vai ficar mais fácil de resolver”.*

L07: *“Eu já sei como vou fazer a luminária. Vou fazer ela de maneira que fique piscando e posso usar até em show. Vai ser “da hora!” (gíria para dizer que ficaria muito interessante). (Risos)”.*

P: *“Vai ser legal sim! Mas vamos desenvolver o projeto de forma que você identifica o que tem a fazer e escreve isso na forma de uma pergunta. Ok? Vamos escrever o problema? Eu te ajudo!”*

L07: *“Ahhh professora! Eu já lhe disse: eu não tenho um problema! Eu tenho é uma solução para fazer um jogo de luz”.*

P: *“OK!”*

Não me contive e descrevi o problema para ele:

P: *“O problema é: ‘Como construir uma luminária de LEDs, usando Arduino?’. Agora, escreva no teu caderno ou numa folha, uma lista de problemas menores a partir desse “problemão”, porque esse é um problema grande, precisa ser repartido em problemas menores, para poder trabalhar um de cada vez. Decompõe o*

problema que eu formulei pra ti. Quero ver, daqui a pouco, uma lista de problemas menores deduzidos desse aí.

No final dos dois períodos de trabalho, quando retornei para conversar a respeito com este sujeito da pesquisa, ele me falou:

L07: *“Já tenho os problemas. Primeiro problema: Se eu usar uma bola de isopor, e colocar os LEDs nela, os LEDs ficarão bem firmes. Segundo problema: Se eu pintar a bola de isopor de preto, vai ficar legal.”*

P: *“Como assim? Descreva o que tu achas que vai acontecer se tu pintares de preto, de amarelo ou de outra cor.”*

L07: *“Se pintado de preto, a luminosidade será maior”.* OBS: Vale aqui ressaltar que o participante levantou a hipótese que, se verificada, comprovaria que ele estava enganado. A cor preta não aumenta a luminosidade.

E ainda, o aluno levantou hipóteses e não formulou problemas. Não comentamos nada naquele dia. Uma semana depois, retomei o assunto e sugeri que o aluno fizesse uma experimentação em pequenos pedaços de isopor pintado de diferentes cores e colocasse um ou mais LEDs acessos, sobre cada cor. Era a hipótese que ele havia levantado na aula anterior. Ele poderia verificar a validade, ou não, da hipótese, através de uma simulação. No entanto, o aluno se esquivou de fazer esta testagem. Não fez a experimentação e não chegou a nenhuma conclusão.

Nesta primeira etapa, o participante **L07**, assim como outros dois, do total de 16 alunos participantes da pesquisa, não fizeram a decomposição do problema, mesmo eu tendo iniciado o processo para eles e retornado ao assunto, de forma mais sutil, em outras oportunidades. Eles não tinham ainda a percepção do que é a definição e formulação de um problema para pesquisa e, para esses 3 alunos, a minha abordagem para levá-los a pensar sobre o assunto, não obteve êxito. Isso corresponde a 18,75% dos participantes.

Aqueles que fizeram a decomposição de forma a abranger uma boa parte dos possíveis problemas foi considerado de “Muito bom” desempenho, como exemplificado no primeiro diálogo. Estes foram em número de 7, o que corresponde a 43,75% do total. Os restantes 37,5%, conseguiram entender a questão da

necessidade da decomposição, mas elaboraram não mais que três (3) problemas menores. Estes, foram considerados num nível “Bom”, ou seja, intermediário, e poderiam melhorar no sentido que a abstração necessária não foi muito além do que englobar poucas variáveis.

O gráfico 5 a seguir, mostra os percentuais referentes a habilidade de decomposição do problema.

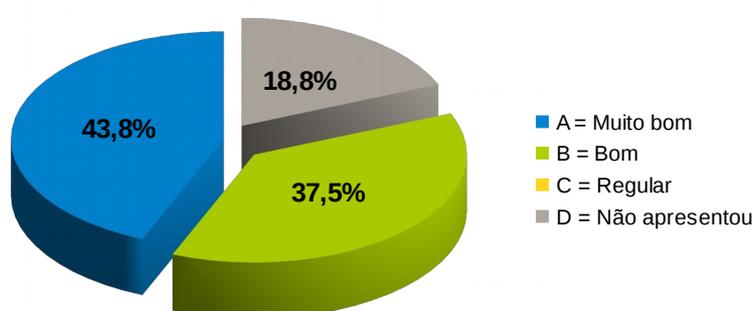


Gráfico 5: Análise dos dados referente a decomposição do problema – Luminárias - etapa 1.
Fonte: própria autora

4.2.1.2 Diálogo referente a automação

A análise da automação, pela observação direta da ação do aluno e dos códigos de programação, foi uma situação em que, como pesquisadora, eu tinha bem definido que automação pode ser qualquer processo que se repita de forma organizada e sequencial, otimizando esse processo. Desta forma, a análise envolveu três situações:

- Primeiramente, a observação foi sobre se cada um dos participantes usava de alguma automatização, seja ela qual fosse, durante o desenvolvimento da luminária, para tornar mais eficiente esse processo.
- Uma segunda análise, foi observar quanto a obtenção ou não, de um conjunto de LEDs piscantes na luminária criada.

- Uma terceira análise, foi a verificação do código de programação. Se estava apenas repetindo comandos básicos mostrados a eles nos primeiros dias de aula ou se o aluno foi além do que se tinha ensinado. Se buscou, por sua própria autonomia, comandos que facilitassem essa automação.

Um exemplo de automação foi na observação de uma dupla de alunas cortando fundos de garrafas PET para posteriormente unirem as mesmas e juntas formariam uma esfera. A execução desse trabalho, no grupo se deu de uma forma um tanto quanto organizada e isso foi sugerido por uma das alunas quando ela disse:

L08A: *“Vamos colocar todas as garrafas em cima dessas duas mesas e, primeiro, cortar todos os fundos. Eu corto e te passo. Tu tiras as barbinhas (ela quis dizer imperfeições) que ficarem. Mas ...! Ahh....! E tu podes colocando uma dentro da outra, pra não ocupar espaço. Ali!”* (A aluna apontou com o dedo o local onde ela gostaria que fossem colocados os fundos cortados).

Assim foi feito! Uma aluna cortava, sem muitos cuidados e a outra refazia o corte, com tesoura, sobre uma marca existente na própria garrafa que estavam usando. Foi um processo rápido e eficiente. Considerei uma atitude de automação com pensamento reflexivo do sujeito analisado **L08A**. Antecipou operações apenas no plano mental e, com capacidade de síntese, apresentou o processo que, na prática, se mostrou eficaz.

Observando **L08B**, não se identificava uma postura de iniciativa mas se mostrava solícita e colaborativa na ação de execução das tarefas, na maioria das vezes, propostas por **L08A**.

Na tentativa de identificar indícios de abstração, tentei uma conversação apenas com **L08B**.

P: “O que você achou da ideia da colega em fazer esses recortes em série, das garrafas?”

L08B: *“Boa!”*

P: *“Você teria alguma coisa a acrescentar nesse processo?”*

L08B: *“Não!”*

P: *“Que outra ideia você tem para implementar na luminária?”*

L08B: *“Vamos colocar 6 LEDs em cada um desses daqui (apontou para um dos fundos.)”*

P: *“Como farão isso?”*

L08B: *“Vamos furar! Não sei como ainda. Abrir um buraco para passar o LED.”*

P: *“Onde? Podes me mostrar?”*

L08B: A participante levantou um dos fundos recortados e me mostrou as saliências que são 5 e apontou para o meio completando os 6 locais para colocar os 6 LEDs que ela havia falado. *“Um aqui, aqui, aqui,... e aqui!”*

P: *“E, sem medo de errar, levanta uma hipótese de como você acha viável furar cada local para colocar o LED?”*

L08B: *“Uhhhh! ...”*

A participante L08B pensou um pouco e disse

L08B: *“Usar um ferro de solda. Pode? É que esse fundo é muito duro. Não vai dar pra fazer um furo com a tesoura. Só com alguma coisa quente.”*

A conversa continuou e, então, eu autorizei ela usar um ferro de solda antigo, para fazer o furo, por aquecimento do local. Fiquei com dúvidas na análise do pensamento dessa participante até o momento em que fiz a sugestão de que levantasse uma hipótese de como imaginava furar o fundo rígido da garrafa PET. Até então, não estava claro, se ela apenas repetia uma conversa que teve com a colega ou se as ideias eram dela própria. Vale ressaltar que não é nada fácil uma análise desse tipo. No entanto, num diálogo pode se ter indícios de pensamento e a aluna L08B, demonstrou pensamento lógico e coerência nos comentários quando exigida respostas que envolviam raciocínio. O fato de levantar a hipótese de como deveria fazer o furo para passar o LED, numa parte muito rígida da garrafa PET, demonstrou pensamento antes da ação.

Dos dezesseis (16) alunos participantes, cinco (5) deles completaram satisfatoriamente as três (3) análises a que me referi acima. Estes, foram

considerados de desempenho “Muito Bom”. Seis (6) deles completaram a luminária com algum grau de organização em sequência lógica e os LEDs acenderam em sequências organizadas, o que equivale a 37,5% do total. Dois (2) conseguiram que os LEDs acendessem mas sem uma organização e três (3) nada apresentaram. O gráfico 6 a seguir, mostra os percentuais referentes a habilidade de automação.

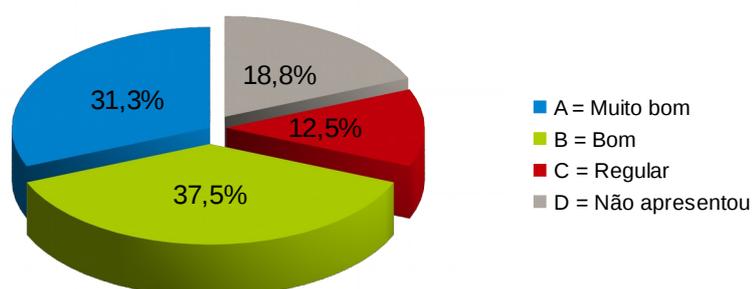


Gráfico 6: Análise dos dados referente a automação – Luminárias - etapa 1
Fonte: própria autora

4.2.1.3 Diálogo referente a simulação

Apesar da disposição de componentes na *protoboard* ser um exemplo de simulação de circuitos elétricos e todos os participantes terem usado a mesma para aprenderem noções de circuito com LEDs e resistores nas aulas iniciais, alguns não fizeram uso da mesma para simular o circuito da luminária que estavam planejando construir. No entanto, alguns outros usaram a *protoboard* para montar o circuito básico da luminária que planejaram, fazendo uma simulação, usando o mesmo material que usariam na luminária para testagem prévia e repetir esse processo (ou não) depois.

Um exemplo de quem usou de outro dispositivo, além da *protoboard*, está demonstrado nas figuras 22 e 23, criação do participante L 12.

Diálogo com L12

L12: “*Eu trouxe uma prévia do que será a minha luminária. Meu pai tem uma fábrica e muitas máquinas para serralheria. Eu ajudo ele lá e tem muita sobra de material. Eu fiz esta montagem.*” E me mostrou uma placa de MDF com furos equidistantes, onde já se encontravam ali 6 LEDs.



Figura 22: LEDs dispostos em MDF, como simulação da luminária.

Fonte: própria autora

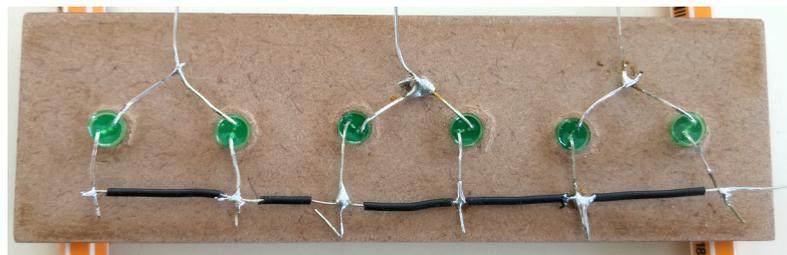


Figura 23: Circuito elétrico de LEDs da simulação da luminária.

Fonte: própria autora

L12: “*Já estão conectados dois a dois (se referindo aos LEDs ligados em série, dois a dois) e os negativos todos num só fio. Veja!*”

P: “*Tentastes fazer ligação de 3 LEDs em série?*”

L12: “*Sim, mas a luminosidade fica menor. Optei por isso, de dois em dois.*”

P: “*E agora? Qual a próxima etapa?*”

L12: “*Vou fazer a programação no IDE do Arduino. Já sei como vou fazer.*”

P: “*Pode me dizer como fará?*”

L12: “*Sim. Vou fazer com que o dois primeiros acendam, depois o terceiro e o quarto e por fim o dois últimos. Depois, acender todos juntos e novamente, algumas vezes e retornar para a sequência anterior.*”

Para testar seu conhecimento, perguntei:

P: *“Por que não liga o primeiro LED, depois o segundo, o terceiro e, assim, sucessivamente?”*

L12: *“Porque eles estão ligados juntos, dois a dois, na mesma porta do Arduino!”*

A resposta foi perfeita, sem vacilar, indicando que havia uma experimentação mental desenvolvida antes da execução do código e havia conhecimento do que estava fazendo. Este sujeito da pesquisa indicava excelente desenvolvimento cognitivo já nos primeiros dias de avaliação.

A conversa continuou:

P: *“Você fez direto nessa placa ou fez uma simulação primeiro na protoboard?”*

L12: *“Primeiro, eu fiz a simulação na protoboard. Na aula passada, logo que terminei minhas tarefas daquele dia. Como se fosse uma sinaleira, só que usando dois LEDs para cada cor.”*

Ficou claro que, mesmo numa situação simples como uma luminária, onde os LEDs estão dispostos numa linha reta, uma simulação foi importante e, talvez, decisiva para a concretização do projeto. E ele não perdeu tempo. Já simulava, com antecipação de uma semana, em relação aos demais colegas da turma. Ainda nesse mesmo dia, **L12** teve uma luminária de LEDs piscantes pronta. A barra com LEDs, ele trouxe de casa, mas a programação foi feita na presença da pesquisadora, usando o Arduino da escola.

Nos demais dias, este aluno fez novas programações, adicionou um suporte para a barra com LEDs e, principalmente, auxiliou aos colegas no uso do ferro de solda para soldar LEDs a resistores, LEDs entre si e outras tarefas. Muito colaborativo, humilde e consciente de suas habilidades, sempre demonstrou nível intelectual alto.

Nos dezesseis (16) alunos da pesquisa foi observado que 6 deles primeiro simularam na *protoboard* como ficaria a ação dos LEDs e depois montaram a luminária. Estes, construíram a luminária em menos tempo que os demais. Quatro (4) do total só vieram a fazer uma simulação porque tiveram muitas dúvidas depois de iniciada a montagem da estrutura física e solucionaram o problema, mudando o

projeto ou parte dele. Dois (2) não simularam, o projeto deu errado na montagem. Refizeram tudo mas, segundo eles, “faltou tempo” para concretizarem a ideia. A primeira tentativa serviu como uma simulação. Dois (2) nada apresentaram. O gráfico 7 mostra esse percentual em relação a habilidade de simulação.

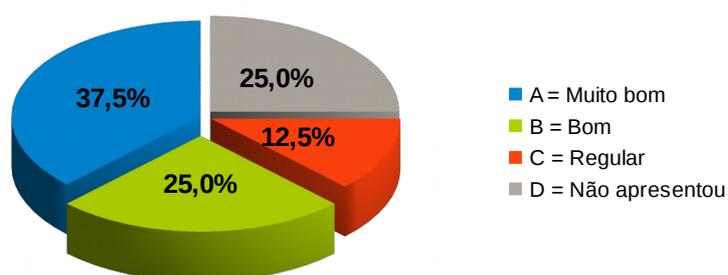


Gráfico 7: Análise dos dados referente a simulação – Luminárias - etapa 1
Fonte: própria autora

4.2.1.4 Algoritmos: sequências lógicas e ordenadas.

Para avaliar essa habilidade estive observando as ações e conversas dos alunos em relação a qualquer sequência lógica e ordenada que poderia ser descrita como um algoritmo. Somente dois sujeitos demonstraram algum indício de um algoritmo fora da programação: L8A, quando descreveu a sequência dos cortes das garrafas PET, por mim mencionada com detalhes na seção anterior e L12A, quando eu perguntei sobre como seria a programação da placa de LEDs que ele havia construído. Ele desenhou um esquema que pode ser considerado um fluxograma, mesmo não tendo a configuração padrão. A figura 24 mostra o desenho do aluno, para ilustrar como seria feita a programação. Ao apresentar esse esquema ele comentou que os dois primeiros LEDs acenderiam por 4 segundos, ficariam apagados por 2 segundos, acenderiam os dois seguintes LEDs por 4 segundos e apagados por 2 segundos e, assim também, os outros dois últimos dos 6 LEDs. Em seguida, os 6 LEDs acenderiam juntos por 4 segundos, ficariam apagados por 2

segundos e isso se repetiria por 4 vezes. As setas a esquerda indica que retornaria a acender somente os 2 Leds, por 4 segundos ... e assim, infinitamente, em looping.

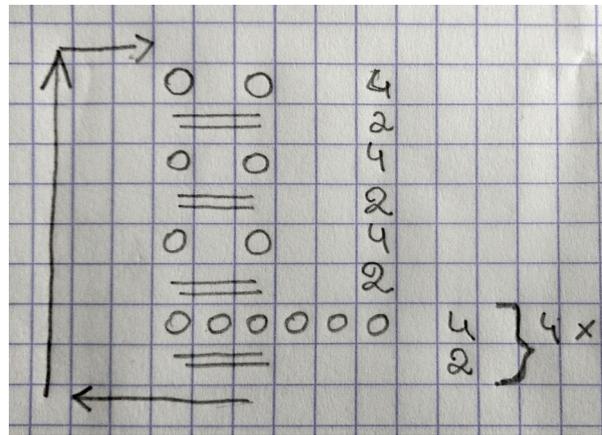


Figura 24: Esquema da programação do acendimento de LEDs
Fonte: própria autora.

Fora essa observação, considerei que todos aqueles que conseguiram fazer o código de programação dos LEDs piscantes em alternância organizada e mostraram o efeito pretendido na luminária estavam, não descrevendo, mas de alguma forma, pensando algoritmicamente.

Dessa forma, como apresentado acima, dois (2) sujeitos da pesquisa, demonstraram, no mínimo, duas situações de algoritmos registradas e a avaliação sobre eles foi de estarem num patamar “Muito Bom”. Oito (8) apresentaram um código de programação com mostra de eficiência na luminária, mas apenas isso, sem nenhuma forma anterior de demonstração do pensamento e foram classificados com conceito “Bom”. Três (3) deles elaboraram um código de programação, mas com algumas falhas e, classificados como “Regular” e dois (2), nada apresentaram. Esse percentual é mostrado no gráfico 8.

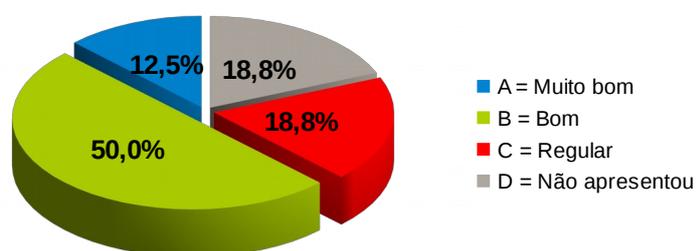


Gráfico 8: Análise dos dados referente a algoritmos – Luminárias - etapa 1
Fonte: própria autora

4.2.1.5 Diálogo referente a coleta, análise e organização de dados

Todo sujeito que desenvolve um projeto trabalha com dados, independente de estar consciente disso ou não. Os alunos participantes da pesquisa foram analisados quanto a esta percepção e se buscavam obter dados para desenvolver o projeto, seja através de pesquisa, entrevista, no próprio ambiente de trabalho ou fora dele. Também foram analisados se mantinham esses dados organizados, como por exemplo, numa listagem, num caderno de campo, num arquivo eletrônico e até mesmo, se os arquivos em que trabalhavam eram salvos em pastas organizadas ou não.

Para ilustrar a percepção de um dos participantes em relação aos dados do projeto, passo a relatar o diálogo a seguir:

Diálogo com L05:

1º Dia:

P: “Para iniciar o teu projeto luminária, o que tens para começar”?

L05: “Nada ainda professora”.

P: “Será que não tens nada? E o que aprendestes nos dias anteriores aqui na robótica”? Me referindo ao conhecimento prévio sobre uso do Arduino, *protoboard*, LEDs, resistores, etc.

L05: *“Ahh! Isso sim. Mas eu estava me referindo ao material pra fazer as luminárias”.*

P: *“Também já tens. Ou não? Pense um pouco”!*

L05: *“Não tenho nada! Mas eu vou ver ali na caixa da sucata.”*

P: *“Você sabe que pode contar com o Arduino, fios, ferro de solda, estanho e computadores da Escola. Esses são materiais de uso de vocês.”*

L05: *“Sim, sim. Eu sei.”*

P: *“E que você acha de pesquisar e coletar mais dados sobre como fazer uma luminária?”*

L05: *“Vou ver o material de sucata primeiro, professora!”*

2º Dia:

P: *“E aí? Já tens mais dados para o teu projeto luminária?”*

L05: *“Uhhh! Não! Bem...! Já estou trabalhando com esse pote aqui e já coloquei os LEDs.”*

P: *“Que achas de fazeres uma lista de todas as coisas envolvidas para fazer a luminária, desde o conhecimento até o material? Pode ser uma listagem simples.”*

L05: *“Tem que fazer?”*

P: *“É bom. É a organização dos dados. Ajuda a pensar sobre o que temos e podemos usar. Além de ficar tudo disponível para ti ou outra pessoa que quiser consultar. Pode ser usado uma planilha eletrônica. Fica mais fácil e melhor organizado. Que achas?”*

L05: *- silêncio total -*

Não insisti.

3º Dia:

P: *“E então? Como está a relação dos dados? Já organizastes?”*

L05: *Balançou a cabeça, indicando uma negação. “Tenho que terminar isso aqui!” Estava elaborando o código de programação.*

No mesmo dia, mais tarde, esse participante veio até mim e, oralmente, relacionou alguns materiais que usou. Ainda não tinha a percepção necessária do que são dados de uma pesquisa, nem como é importante a organização dos

mesmos. O gráfico 9 mostra o percentual dos participantes em relação a coleta, análise e organização dos dados.

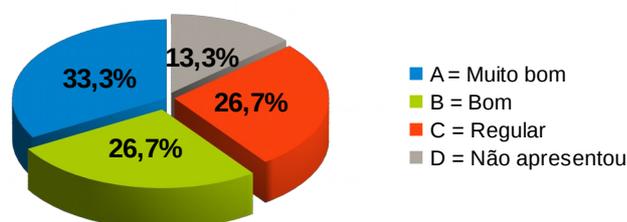


Gráfico 9: Análise dos dados referente a coleta, análise e organização – Luminárias - etapa 1
Fonte: própria autora

4.2.1.6 Diálogo referente a paralelismo/generalização

As habilidades de paralelismo e generalização foram analisadas em conjunto porque se considerou que, não necessariamente, um projeto pode apresentar as duas, simultaneamente. Pode apresentar somente uma delas ou pode apresentar as duas habilidades. A generalização é uma habilidade que envolve uma aplicação de um conhecimento já estruturado na forma de conceito, já passou por uma abstração refletida e o sujeito se considera apto a aplicar o conhecimento sempre que uma nova situação se apresentar com características de resolução iguais aos anteriormente fundamentados.

A maioria dos alunos demonstra a habilidade de paralelismo, se considerarmos essa habilidade como a capacidade de analisar dois objetos simetricamente. Alguns com mais facilidade, outros com um pouco menos, mas existem aqueles que dão indícios que não possuem essa habilidade desenvolvida. Para falar desse caso, onde o participante **L03** trabalhou com vários fundos de garrafa PET e ao uni-los, não levou em consideração que deveria pensar de forma que os contatos tivessem uma certa simetria. Após um longo trabalho de tentativas, ele desistiu do projeto. Abaixo, um relato do diálogo com o participante que não demonstrou essa habilidade.

Diálogo com L03:

P: *“O que está acontecendo?”*

L03: *“Não fecha, professora. Tá complicado!”*

Nesse momento eu tive muita vontade de ajudar. Para mim era visível o que tinha que fazer para que os fundos de garrafas se ajustassem no formato esférico esperado. Mas como era para o bem da pesquisa, eu apenas perguntei:

P: *“Por que não fecha?”*

L03: *“Porque falta fundos (se referindo a fundo das garrafas), mas eu tento colocar e fica uma coisa horrível aqui.”* Mostrou o local.

P: *“Quem sabe tira todos os lacres (estava usando lacres de plásticos para unir as garrafas) e espalha todos os fundos sobre uma mesa. Desenha, num papel, como você imagina que você deve fazer os contatos e segue o roteiro que traçares.”* Eu estava sugerindo uma simulação e também um algoritmo.

L03: *“Ah! Mas eu já gastei muitos lacres. Vai faltar!”*

P: *“Não tem problema. Eu tenho alguns ali e posso te disponibilizar.”*

Enquanto ele olhava desiludido para o projeto muito deformado, eu acrescentei:

P: *“Podes deixar montada a parte que você acha que está melhor e observar como é que deve ser feito, antes de desmanchar tudo. Analisa bem, primeiro.”*

L03: *“Vou desmanchar.”*

Iniciou imediatamente o corte de todos os lacres e, em seguida, estava tudo separado novamente. Fez isso sem analisar antes.

P: *“Observe os furos. Eles estão equidistantes?”* Eu me referia a cada furo onde passavam os lacres na união de cada dois fundos.

L03: *“O que?”*

P: *“Eles estão a mesma distância um do outro em todas as peças?”*

L03: *“Não estão! Eu fui furando e emendando.”*

P: *“Pensa nisso então, antes de uni-los novamente.”*

Este sujeito participante da pesquisa novamente emendou os fundos das garrafas PETs, agora na tentativa de deixar na forma de meia bola e novamente, não

ficou simétrico. Não houve uma análise de distância dos furos e a nova tentativa de emendar com os lacres voltou a ficar deformada e o projeto não foi concluído, principalmente porque houve enorme trabalho nesse processo, sem nenhuma noção de paralelismo.

Esperava-se que fosse feito furos equidistantes num dos fundos, se repetisse igualmente nas outras peças e, no momento de juntar todas, se fizesse uma testagem inicial com um fundo central e, depois acomodando dois a dois ou três a três, etc, em simetria. Mas isso não foi feito. A minha análise foi de que faltou essa habilidade que designamos por paralelismo, além de outras como automação, simulação e algoritmo.

Oito (8) do total de participantes demonstraram a habilidade de paralelismo e isso foi observado na simetria da distribuição dos LEDs e mesmo, quando dispostos aleatoriamente, se observou paralelismo na repetição de ações com finalidades iguais. Por exemplo, uma luminária constituída de 8 LEDs que foram projetados para que cada um deles fosse acionado individualmente, deveria ter cada LED associado a um resistor de 220 ohms. O processo de soldar cada LED ao respectivo resistor implicava a habilidade de generalização. Feito uma associação, generaliza-se para as outras situações que são idênticas.

Do total de dezesseis (16) participantes, 50% deles foi considerado “Muito Bom” na habilidade de paralelismo/generalização. Dois (2) deles, o que corresponde a 12,5 % tiveram um desempenho “Bom” e três (3), equivalente a 18,75% foram “Regular”. Do restante 18,75%, não apresentaram essa habilidade.

Esses percentuais são mostrados no gráfico 10.

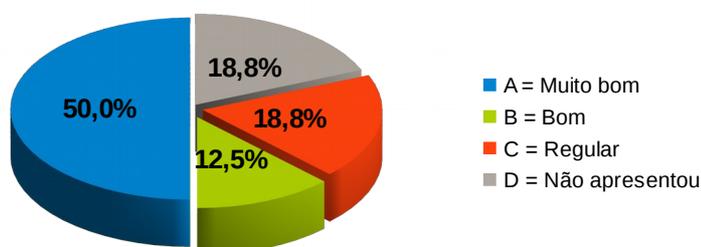


Gráfico 10: Análise dos dados referente a paralelismo – Luminárias - etapa 1
Fonte: própria autora.

4.2.2 Etapa Final

A fase final do projeto “Construindo Luminárias” ocorreu após um período de três (3) meses de oficinas de robótica, onde os mesmos participantes da etapa inicial aprenderam a usar alguns sensores e motores. Desenvolveram pequenos projetos onde se deu ênfase para a aplicação das habilidades do pensamento computacional.

Sendo todas as atividades essencialmente práticas, a abstração empírica esteve presente em todos os momentos. No entanto, o que se desejava observar era se houve uma evolução no pensamento computacional, que tem como base a abstração reflexionante. Para isso, foi solicitado aos alunos participantes que desenvolvessem novas luminárias, seguindo as mesmas orientações da etapa inicial e o fizessem em duplas ou individualmente, como havia sido trabalhado inicialmente.

Vale ressaltar que houve uma certa resistência, por parte de alguns alunos, nas duas escolas, a novamente, construir luminárias. A repetição da mesma tarefa não é agradável a ninguém e eles comentavam que gostariam de estar aplicando seus novos conhecimentos em atividades diferenciadas, como vinham fazendo durante os últimos meses. Foi preciso fazê-los entender que se tratava de uma pesquisa e a participação colaborativa deles era fundamental.

Novamente, todos receberam LEDs simples com escolhas entre as cores vermelho, verde e amarelo, fios, Arduino, protoboard e folhas em branco para desenhar. Eles já estavam habituados a usar planilhas eletrônicas para organizar dados e conheciam, com mais profundidade, todo o material de laboratório de robótica necessário, como solda e uma quantidade de sucata, que eles também poderiam trazer de casa. Lhes foi solicitado que não acrescentassem sensores, motores, ou outro tipo de LED, mas usassem todo o conhecimento adquirido em programação e o processo do pensamento computacional deveria ser aplicado.

A seguir passo a relatar dados e análises de um dos participantes, referentes a esta etapa que completa a segunda atividade de pesquisa. O exemplo escolhido serve para ilustrar a evolução de quem demonstrou quase nenhuma habilidade na

etapa 01 (ver alínea 5.2.1.1 - Participante L07) e, após as oficinas de robótica, apresentou um comportamento bem diferenciado.

4.2.2.1 Análise de um participante na segunda etapa

Participante L07

Para demonstrar uma evolução significativa nessa habilidade, passo a descrever o caso de **L07**, agora na etapa dois e já mencionado na fase inicial da pesquisa. Este sujeito estava muito animado em fazer a luminária na fase inicial, mas ainda não tinha desenvolvido, nem parcialmente, essa habilidade de identificar e decompor o problema que se constituía em “*Como construir uma luminária de LEDs piscantes em alternância organizada, usando Arduino e sucata?*”

Nesta etapa, ele iniciou escrevendo todos os problemas que retirou do problema maior e, em seguida, os numerou, demonstrando claramente, que após enunciar todos os problemas, elencava a ordem de resolvê-los. Na figura 25, é possível identificar algarismos à direita de cada problema decomposto do problema principal.

Como criar uma luminária de LEDs controlados por Arduino?	
• Que material usar?-----	1
• Fazer suporte com mesmo material?-----	6
• Quantos metros de fio serão necessário?-----	5
• Quantos LED?-----	3
• Quantos LED por porta do arduino?-----	3
• Usar botão de ligar?-----	6
• Como unir parte de cima com o apoio/suporte?-----	6
• Como será a programação?-----	4
• Os Led vão piscar 3 a 3, opostos?-----	4
• Os Led vão piscar 3 a 3, em sequência?-----	4
• Os Led vão piscar todos juntos com tempo? E depois alternados?-----	4
• Vou usar espaguete para proteger as soldas?-----	5
• Vou soldar os LED direto ou fazer uma montagem primeiro na placa com furos?-----	5
• Se eu usar uma garrafa PET, escolho o fundo ou a parte do bico?-----	1
• Se eu usar a parte do bico como escondo o furo superior?-----	1
• Pintar a garrafa antes ou depois de fazer os furos para passar os LED?-----	2
• Como fazer os furos para passar cada LED?-----	2

Figura 25: Decomposição do problema do participante L07 - etapa 02.
Fonte: Foto do monitor do computador onde o participante trabalhava.

Segundo **L07**, essa numeração, à direita de cada problema decomposto, corresponde a ordem que ele solucionaria cada problema. Os de números 1 seriam os primeiros a serem tratados, seguidos os de numeração 2 e assim, sucessivamente. São indícios de pensamento antes da ação, de pensar sobre possibilidades e, portanto, de abstração reflexionante.

No instante em que era feito o registro em foto dessa habilidade, L07 me perguntou o que ele deveria fazer em seguida. Ele tinha dúvidas, se deveria escrever todo os dados de que dispunha para trabalhar ou se juntava o material primeiro. Ele estava ansioso em fazer da “forma correta”. Conversamos e eu lhe disse que não havia, necessariamente, uma ordem correta mas que ele deveria pensar primeiro. Em sua reflexão, deveria estar claro como ele gostaria de ter a luminária e, então listar o que já tinha, buscando mais informações e ir completando esses dados. Como ele já havia decomposto o problema, eu supunha que estava “mais ou menos” claro, como seria a luminária, e de uma forma indireta eu queria que ele pesquisasse, buscasse mais informações sobre cada questão a resolver, mas não queria falar abertamente: “*pesquise sobre o assunto*” porque não era minha intenção influenciar nas decisões dele.

No entanto, passados alguns minutos eu observo o participante **L07**, no computador, com uma planilha de coleta de dados aberta, nada preenchido por enquanto, mas buscando na Internet, informações sobre luminárias. No final dos períodos dedicados a robótica, este aluno tinha uma planilha com alguns dados e um circuito de LEDs já testados na *protoboard*. Quando testava os LEDs ligados em série, ele percebeu que poderia ligar até três (3) LEDs com os 5V do Arduino. A montagem na placa matriz de contato, usando uma porta do Arduino para cada três (3) LEDs em série, usando seis (6) portas e, portanto, (dezoito) 18 LEDs, sem nenhum resistor, pode ser vista na figura 26.

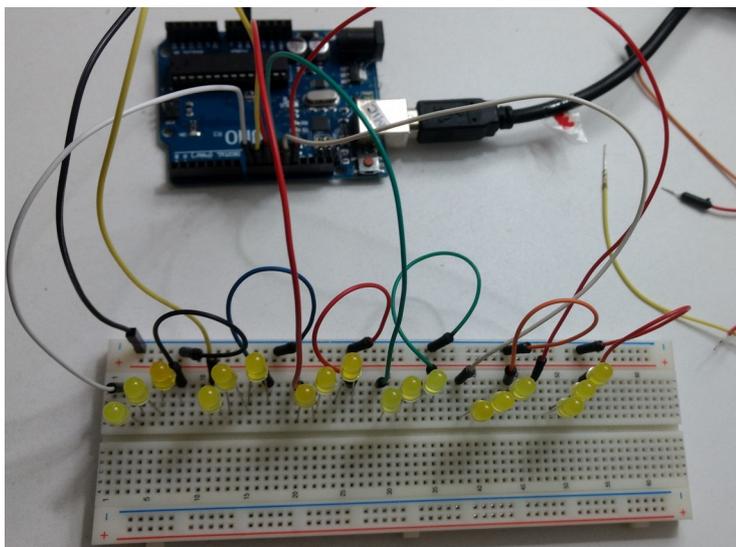


Figura 26: Simulação, em protoboard, da luminária do participante L07.
Fonte: própria autora.

Montagem pronta, poderia já passar para o projeto físico final, mas repensou. Estava apenas simulando. E testou uma nova hipótese onde dispensava um dos LEDs de cada série, na conexão. Mudanças simples nas conexões, onde somente dois LEDs recebem energia, com luminosidade maior, podem ser observado na figura 27.

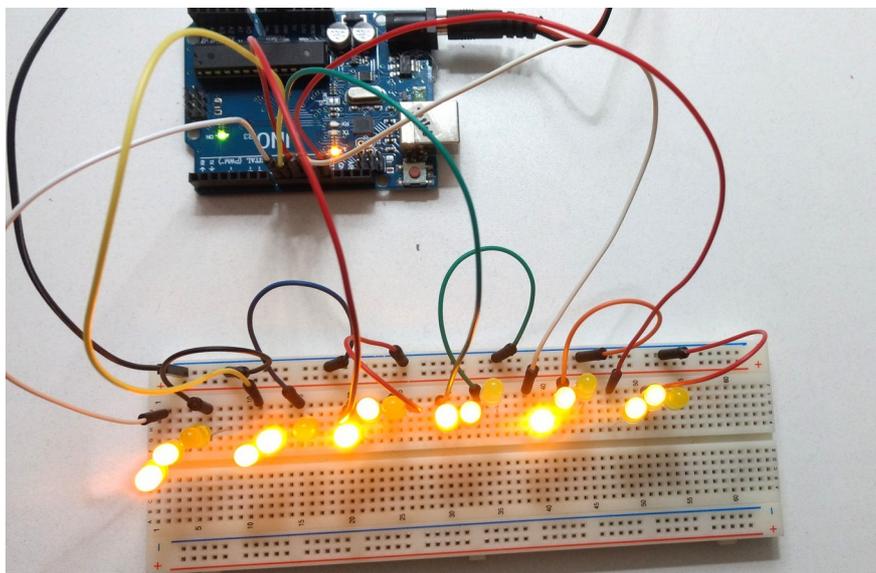


Figura 27: Depuração durante simulação com circuito de LEDs.
Fonte: própria autora.

O participante da pesquisa, **L07**, fez uma depuração e optou em unir em série, 2 LEDs e usar somente 5 portas do Arduino. Dessa forma sua luminária que teria, inicialmente 18 LEDs ficaria com apenas 10 LEDs e, ainda sem nenhum resistor.

Quando perguntei porque havia optado em fazer essa modificação ele, com ares de quem domina o assunto, falou:

L07: *“Vou ter maior luminosidade com dois LEDs do que com três, em cada porta. Por que vou trabalhar mais, soldando mais LEDs, pra ter luminosidade menor, ou no mínimo, igual?”*

É bem claro o processo de abstração reflexionante, neste caso. O aluno, que estava cursando o primeiro ano do ensino médio, não havia tido nenhuma aula oficial de eletricidade - esse assunto é trabalhado no 3º ano do ensino médio - e havia chegado a compreensão de que a corrente é dividida pelo número de LEDs e portanto, a luminosidade é menor quanto maior for o número de LEDs ligados em série.

Na distribuição dos LEDs surgiu um novo problema: *“Como distribuir os 10 LEDs, em 5 conjuntos de 2 LEDs?”*. Tentou marcar aleatoriamente mas logo percebeu que não ficariam distribuídos de forma igualitária. Então, usou de uma fita adesiva para contornar a garrafa PET, retirar a mesma fita, colar sobre uma superfície plana e nela fez marcas equidistantes. Voltou a colar a fita na garrafa e fez as devidas marcações na garrafa. Esse processo pode ser visto na figura 28.



Figura 28: Uso de fita adesiva para marcar pontos numa circunferência.
Fonte: própria autora.

Elogiei a iniciativa de usar a fita adesiva. Esse aluno vinha demonstrado cada dia mais interesse em aplicar soluções criativas. Na segunda semana, ficou envolvido em unir com solda os LEDs, dois a dois e concluiu a estrutura conforme

pode ser observada na figura 29, junto da sua programação. Esta, já estava pronta desde a simulação em protoboard.



Figura 29: Luminária de LED - etapa 2.
Fonte: própria autora

É importante mencionar que a base da luminária esconde o Arduino e uma bateria de 9 V. Ainda, o participante que criou esta luminária e demonstrou as habilidades do pensamento computacional na resolução de problemas, com indícios claros de abstrações reflexionantes nesta etapa, não tinha demonstrado esse comportamento quando da etapa 01 do projeto “Construindo Luminária”.

4.2.3 Comparação entre os dados obtidos.

Conforme foi mencionado na seção 4.2 deste trabalho, foram atribuídas letras A, B, C e D, correspondendo: A = Muito bom; B = Bom; C = Regular; D = Não apresentou essa habilidade, numa forma de diferenciar os níveis de habilidades do

pensamento computacional de cada participante da pesquisa. Os critérios para atribuição desses conceitos foram explicados em cada uma das habilidades avaliadas na referida seção.

A seguir, a tabela 7 apresenta todo conjunto das habilidades do pensamento computacional, correspondentes a etapa 01 da atividade de pesquisa “Construindo Luminárias”.

Tabela 7: Avaliação de cada habilidade do pensamento computacional enquanto aplicadas durante o desenvolvimento da luminária – etapa 1.

RESUMO DAS AVALIAÇÕES DAS HABILIDADES DOS PARTICIPANTES – ETAPA 01																
Participantes	L01A e L01B		L02A e L02B		L03	L04	L05	L06	L07	L08A e L08B		L09	L10	L11A e L11B		L12
Coleta e análise de dados	A	A	A	A	B	B	C	B	C	A	B	C	C	D	D	A
Representação dos dados	B	B	A	A	B	C	C	B	C	A	B	C	B	D	D	A
Decomposição de problemas	A	A	A	A	C	B	B	A	D	A	B	B	B	D	D	A
Pensamento algorítmico	B	B	B	B	D	B	B	B	C	A	B	C	C	D	D	A
Depuração	B	B	B	B	C	B	B	B	C	A	B	C	C	D	D	A
Automação	B	B	B	A	D	A	B	B	C	A	B	C	C	D	D	A
Simulação	B	B	A	A	D	A	B	A	D	A	B	C	C	D	D	A
Paralelismo e/ou Generalização	A	A	A	A	D	A	B	A	C	A	B	C	C	D	D	A

LEGENDA: A = Muito bom; B = Bom; C = Razoável; D = Não apresentou

Fonte: própria autora

A tabela 8, abaixo, mostra o conjunto de avaliações feitas durante a segunda etapa da atividade “Construindo Luminária”.

Tabela 8: Avaliação de cada habilidade do pensamento computacional enquanto aplicadas durante o desenvolvimento da luminária – etapa 2.

RESUMO DAS AVALIAÇÕES DAS HABILIDADES DOS PARTICIPANTES – ETAPA 02																
Participantes	L01A e L01B		L02A e L02B		L03	L04	L05	L06	L07	L08A e L08B		L09	L10	L11A e L11B		L12
Coleta e análise de dados	A	A	A	A	B	A	C	A	A	A	A	C	B	B	B	A
Representação dos dados	B	B	A	A	B	A	C	A	A	A	A	C	B	C	C	A
Decomposição de problemas	A	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Pensamento algorítmico	A	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	B	B	B	B	A
Depuração	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	A
Automação	A	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	C	B	B	B	A
Simulação	A	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	C	B	B	B	A
Paralelismo e/ou Generalização	A	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	C	B	B	B	A

LEGENDA: A = Muito bom; B = Bom; C = Razoável; D = Não apresentou

Fonte: própria autora

Comparando as duas tabelas foi possível construir um gráfico onde se analisa a evolução de cada habilidade do pensamento computacional, na totalidade de

participantes. O gráfico 11 apresenta essa comparação em relação ao conceito A, onde se percebe que todas as habilidades evoluíram da etapa 01 para a etapa 2.

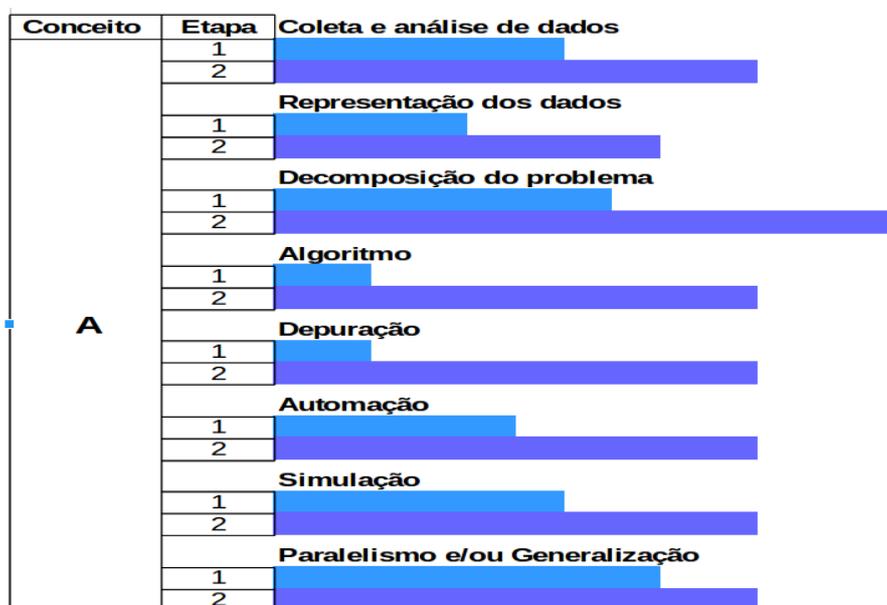


Gráfico 11: Estudo comparativo de evolução das habilidades cognitivas referentes ao projeto Construindo Luminárias.
Fonte: própria autora.

Nota-se que as habilidades de pensamento algorítmico e a depuração foram as habilidades do pensamento computacional com maior diferenciação entre as duas etapas. Logo, a robótica educacional contribuiu com o desenvolvimento de todas as habilidades do pensamento computacional mas, mais fortemente, com o desenvolvimento de algoritmos e na detecção de falhas, excessos ou entraves seguidos da correção dos mesmos para uma melhoria do projeto.

4.3 CURSO ROBÓTICA PARA ADOLESCENTES

Foram oferecidos dois cursos, sendo que no primeiro se inscreveram dez (10) alunos, mas somente oito (8) compareceram e foram até o final. No segundo curso, inscreveram-se dezenove (19) alunos, treze (13) compareceram no primeiro dia e somente dez (10) concluíram o curso. Entre os três (3) que desistiram, um deles não justificou e os outros dois (2), disseram que gostariam muito de ter continuado, mas tiveram motivos pessoais para a desistência.

Do total de dezoito (18) alunos, de idade entre 12 e 20 anos, compareceram a doze (12) encontros de três (3) horas cada, no laboratório de fabricação digital POALab, em Porto Alegre, RS. Estes, 14 meninos e 4 meninas, foram capacitados para o uso da cortadora a laser, impressora 3D, criação de imagens bi e tridimensionais e outras instruções necessárias para desenvolverem um projeto de robótica com o microcontrolador Arduino e com, no mínimo, um motor e um sensor óptico reflexivo (no primeiro curso) ou sensor ultrassônico (no segundo curso). A criação dos hiperobjetos foram a partir de materiais fornecidos pela pesquisadora, mas os participantes estavam livre o bastante para que o grupo (dupla ou trio) que conduzia cada projeto, pudesse confeccionar e acrescentar peças segundo a vontade ou necessidade de cada caso.

As aulas do curso Robótica para Adolescentes foram distribuídas, conforme consta na tabela 9.

Tabela 9: Cronograma de atividades dos cursos Robótica para Adolescentes

DISTRIBUIÇÃO DAS ATIVIDADES DO CURSO	
1º dia	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação dos participantes. • Apresentação da proposta de trabalho. • Entrega do material de apoio. • Aplicação das provas de Longeot. • Entrega do material básico para construção do hiperobjeto. • Instruções da funcionalidade do Arduino, usando motores com drive de motor.
2º dia	<ul style="list-style-type: none"> • Instruções de uso do sensor • Instruções de criação de imagens 2D e uso da máquina cortadora a laser. • Criação de peças livres e engrenagens no gerador de imagens Gear Generator.
3º dia	<ul style="list-style-type: none"> • Instruções de uso de softwares de criação de imagens 3D, Blender e/ou Tinkercad, conforme existência de conhecimento prévio

	<ul style="list-style-type: none"> • Primeiras impressões 3D usando as imagens por eles criadas apenas para testagem.
4º dia	<ul style="list-style-type: none"> • Delineamento do projeto. • Apresentação da ideia inicial e a decomposição do problema.
5º ao 10º dia	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento do projeto por eles idealizado.
11º dia	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação e documentação do projeto
12º dia	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustes necessários. • Confraternização. • Resposta ao questionário da pesquisa.

No primeiro curso foi usado o módulo drive de motor com ponte H “L293D” com sensores ópticos reflexivos e, no segundo curso, o módulo drive de motor com ponte H “L298N” e sensor ultrassônico. Nos dois casos, os participantes poderiam escolher entre motores de corrente contínua, com caixa de redução ou sem caixa de redução. No entanto, houve exceções, como por exemplo, num dos projetos foi usado um servo motor, substituindo o motor de corrente contínua.

O código de programação foi entregue pronto e passível de modificações/adaptações para que pudesse ser utilizado assim que a simulação em *protoboard* estivesse montada. Os códigos disponibilizados, nos dois cursos, são diferentes e encontram-se no apêndice B. Da mesma forma, foi incentivada a pesquisa em sites para mais informações e também verificações se os mesmos apresentavam alguma identificação de licenças permissivas.

Quanto a edição de imagens 2D e 3D, houve instruções de uso do software *Inkscape*, *Blender* e *Tinkercad* e liberdade de uso de outros que, porventura, já conheciam. No primeiro curso, os alunos já tinham conhecimento prévio do *Blender* e confeccionaram suas imagens 3D, neste software. No segundo curso, a opção ficou pelo *Tinkercad*, por ser de mais simples operacionalização. E, em ambos os cursos, foi muito usado o software *Inkscape* para criação de imagens 2D.

Durante a apresentação da proposta de trabalho também foi incluído orientações de que deveriam identificar o problema que se apresentava a eles, o decompusse em problemas menores, coletassem dados, organizassem e os analisassem. Também foi incentivado que se utilizassem de simulações, automações, pensamento algorítmico, paralelismo e generalizações, ou seja,

aplicassem o pensamento computacional para resolver o problema que se estava apresentando a eles e, generalizando, poderia ser formulado da seguinte forma: “*Como construir um (... aqui constava o que eles desejavam construir) utilizando motores de corrente contínua, drive de motor e sensor de (luz ou distância)?*” Foi dado um exemplo de trabalho segundo o pensamento computacional e fornecida uma folha impressa, para ser lida, anexada no caderno de campo e consultada sempre que necessário. A folha com as orientações referentes ao pensamento computacional, encontra-se no apêndice D.

4.3.1 Análise de diálogos e ações.

Alguns fatos observados ocorreram espontaneamente. Outras análises foram feitas a partir de diálogos, às vezes, provocados por perguntas direcionadas, referentes ao tema da pesquisa. Na tabela 10, uma coletânea dessas perguntas:

Tabela 10: Exemplos de perguntas dirigidas para provocar diálogos referentes as habilidades do pensamento computacional.

HABILIDADES DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL	EXEMPLOS DE PERGUNTAS
COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	Por que coletar dados? Qual a relevância desse dado para o projeto? A pesquisa é uma fonte de dados? Quais são os dados “neste” código de programação?
ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	Onde estão seus dados? Onde os registra? Por que registrá-los? Usar uma planilha eletrônica facilita, dificulta ou tanto faz, para organizar os dados?”
DECOMPOSIÇÃO DO PROBLEMA	Você tem um problema que é, por exemplo, “ <i>como construir um carrinho seguidor de linha utilizando motor(es) e sensor(es)?</i> ”. Pode resolvê-lo de forma direta, levantando hipóteses, testando-as e dessas ter a solução única para o seu projeto? Se a resposta foi NÃO para a pergunta anterior, o que deverá ser feito? Por quê? Em quantos problemas menores você decompôs o problema inicial? Em relação ao seu projeto, onde tem uma lista maior de pequenos problemas serem trabalhados? Na mecânica, na eletrônica ou na programação?
ALGORITMOS	Qual a vantagem de listar uma sequência de passos de desenvolvimento de cada etapa do projeto e segui-la do início ao fim? Essa sequência tem que ter lógica ou não importa? O que você entende por algoritmo? Existe algoritmo fora do código de programação? Explique.
AUTOMAÇÃO	O que você entende por automação? As máquinas digitais facilitam o trabalho? Por quê? Além da programação no IDE do Arduino, que outra forma de automação foi ou pode ser utilizada?

SIMULAÇÃO	Você fez simulação em que etapas do seu projeto? O que você entende por simular algo no desenvolvimento do projeto?
DEPURAÇÃO	Em que situação você identificou que existiam dados ou algo excedente no seu projeto? Quantas vezes você refez partes do projeto?
PARALELISMO /GENERALIZAÇÃO	Em que situações você percebeu que poderia repetir um procedimento feito anteriormente, durante o desenvolvimento do projeto? Isso ocorreu em que parte (Mecânica, Eletrônica ou Programação)? Você identificou algum procedimento e pensou algo do tipo: "Isso eu posso aplicar sempre que ocorrer ... (tal coisa)?" "O que foi? Pode citar?"

Fonte: Elaboração da própria autora.

A seguir, são destacadas observações feitas e subsequente análises das mesmas, referentes as habilidades do pensamento computacional e abstração reflexionante. Ao mesmo tempo em que os participantes aplicavam ou eram levados a pensar sobre as habilidades do pensamento computacional, nas atividades de robótica, se tentava identificar indícios de abstração reflexionante nos comentários e ações de cada um.

Alguns exemplos de diálogos e comentários elaborados pelos alunos, são expostos nos parágrafos destacados a seguir, referente a cada habilidade envolvida. Estão sublinhados os termos que expressam reflexão e questionamento, os quais demonstram a presença da abstração reflexionante. Para identificar os sujeitos que são em número de 18, se fez uso da simbologia **S1**, **S2**, **S3**, **S4**, ..., **S18** seguidos pelas letras **A**, **B**, **C**, **D**,..., na sequência em que foram ditos pelo mesmo participante.

4.3.2.1 Pesquisa e Coleta de Dados

Exemplo 1:

O participante **S2**, quando perguntado sobre se havia necessidade de pesquisar e coletar dados sobre o projeto e, em que instante isso deveria ser feito, forneceu duas respostas:

S2 A: *"A pesquisa pode ser feita em qualquer etapa do desenvolvimento do projeto. Ou não?"*

S2 B: *“Estive pensando sobre coleta de dados para iniciar o projeto. Não é fácil! Mas entendo que temos que procurar saber o que usar e como usar os materiais antes.”*

Uma análise mostra que uma resposta complementa a outra. Quando o sujeito **S2** fala, supõe-se que o sujeito se propôs a “pensar” sobre seus próprios pensamentos.

Exemplo 2:

Na elaboração do código de programação de um único motor, questiono o participante **S12**, que estava perguntando como iniciar a programação. Digo a ele:

P: *“Quais os dados que tens para trabalhar?”*

S12 A: *“Como assim? Ah! Sim. Um motor, um sensor de distância, as portas do arduino ... Já sei! Tenho que pensar no que estou usando e declarar aqui no início!”*

A resposta de **S12** demonstra que trabalhar com dados requer pensar sobre eles e saber o que fazer com eles. A declaração de variáveis ou constante no início do código é necessário para que se possa utilizá-las depois na programação. São abstrações de grau elevado. O sujeito realiza um experimento somente em nível de pensamento para então elaborar uma programação em códigos, de forma que isso venha a ter um efeito no experimento físico.

4.3.2.2 Organização dos Dados

Em geral, todos os participantes apresentaram dificuldades em organizar os dados. No diálogo, com o sujeito **S5** ele questionou sobre a necessidade de organizar, de alguma forma, os dados e materiais. São exemplos de comentários:

S5 A: *“Precisa registrar os dados?”*

S5 B: *“Organizar os dados dá trabalho! Precisamos pensar na ordem que vamos usar, onde vamos usar esses dados, para que cada um serve.”*

P: *“Mas isso não facilitará o trabalho depois?”*

S5 C = “Acho que sim. Facilita”!

P: ‘Então, porque não está sendo feito?’

S5 D = “Porque dá trabalho. Tem que pensar nisso agora.”

As expressões “precisamos pensar” e “tem que pensar nisso” exemplificam que organizar dados inclui abstração reflexionante.

4.3.2.3 Decomposição do Problema

Exemplo 1:

Quanto a decomposição do problema, o sujeito **S1** demonstra pensamento reflexivo quando fala:

S1 A: “Para decompor um problema, é preciso pensar no carrinho pronto e imaginar cada parte separadamente e, ao mesmo tempo, elas se encaixando entre si. Cada parte vai ter um problema a resolver.”

Exemplo 2:

O participante **S11** expressa uma análise mental prévia do processo que envolve todo o projeto e isso pode ser observado na frase por ele proferida, após elaborar a lista de pequenos problemas decompostos do problema maior:

S11 A: “A gente pensa em todo o processo que vem pela frente, para elaborar essa lista!”

Os exemplos citados são apenas dois dos muitos que evidenciam abstração reflexionante, quando operam na decomposição do problema. As expressões “é preciso pensar”, “imaginar”, “pensa em todo processo” são indícios de operações de pensamento, de abstrações de abstrações, ou seja, de abstrações reflexionantes de alto nível.

4.3.2.4 Pensamento algorítmico

Exemplo 1:

O comentário do participante **S3** sobre algoritmo também se dividiu em duas partes.

S3 A: *“A sequência de passos organiza o nosso pensamento. Eu achava que algoritmo era só o código de programação. Agora eu sei que algoritmo pode ser um roteiro bem feito!”*

S3 B: *“Ao fazer um código de programação, para automatizar o movimento, estamos refletindo sobre uma situação que ainda virá a acontecer!”*

Exemplo 2:

Nas palavras de **S16** é possível perceber que ele entende do que se trata um algoritmo e, falando de um código de programação, o participante **S16** comenta que o indivíduo age de forma algorítmica, naturalmente.

S16 A: *“Pensar a gente pensa e faz tudo automaticamente, mas se tiver que escrever esse pensamento, dai complica!”*

P: *“Você pode explicar melhor?”*

S16 B: *“Nós fazemos as coisas e parece que não pensamos para fazer essas coisas. É tudo muito rápido! O pensamento é rápido! Mas ... ! Mas se tiver que fazer um roteiro para uma máquina seguir, um passo-a-passo, o homem tem que pensar como a máquina vai interpretar aquilo e se expressar de outro forma. É outro tipo de pensamento!”*

P: *“Será que é outro tipo de pensamento? Ou é fazer um roteiro sem pular etapas?”*

S16 C: *“É! É isso! Tem que ter uma sequência!”*

Momentos depois.

S16 D: *“E tem que ser numa linguagem própria. E tem várias linguagens!”*

P: *“Muito legal isso, não é mesmo? Faz pensar muito e isso é bom!”*

S16 E: *“Sim. Põe pensamento nisso! Porque não é só uma sequência qualquer. Se for só um pedaço ele (referia-se ao computador) não entende. Tem que ter início, meio e fim.”*

Nos exemplos 1 e 2, as expressões “organiza o nosso pensamento”, “estamos refletindo”, “o homem tem que pensar como a máquina vai interpretar aquilo” e “põe pensamento nisso!” são indícios de que escrever, organizar ou formular em palavras um algoritmo exige abstrações reflexionantes.

4.3.2.5 Automação

Exemplo 1:

Para definir automação, foi dirigido a pergunta: “O que você entende por automação?” a todos os participantes e solicitado que respondessem, por escrito. Destaco a resposta de S15, que escreveu:

S15 A: *“Automação é tudo que tiver ação a partir de uma programação”.*

Resolvi conversar com ele sobre a frase e tivemos o seguinte diálogo:

P: *“Muito boa a tua definição de automação, mas eu gostaria que falasse um pouco mais sobre a tua frase”.*

S15 B: *“OK! Pra que alguma coisa seja considerada automatizada, alguém pensou antes e programou. Logo, eu acho que nenhuma ação, que é uma parte da palavra automação, vai ser automática se não tiver uma programação.”*

P: *“Você quer dizer que alguém fez um algoritmo e isso está sendo executado?”*

S15 B: *“Isso mesmo!”*

Exemplo 2:

O sujeito da pesquisa **S5**, que não fazia parte do mesmo curso de S15, já havia se manifestado com uma explicação do uso da cortadora a laser, uma máquina exemplo de automação, para corte de MDF e outros materiais, da seguinte maneira:

S5 A: *“Tu primeiro cria a peça no Inkscape (software) e depois manda cortar. No fazer a peça no software é que pensamos como ela será depois de cortada”.*

Analisando, conjuntamente, os exemplos 1 e 2, se verifica que a automação está intimamente ligada ao algoritmo, a programação e a edição, situações estas que dependem de pensamento reflexivo para se concretizarem.

A frase do exemplo 2 também serve como exemplo de simulação que vem no parágrafo a seguir.

4.3.2.6 Simulação

Exemplo 1:

Ao ser questionado sobre: *“Porque devemos fazer simulações quando trabalhamos com robótica?”*, o participante **S5** se pronunciou da seguinte maneira:

S5 A: *“Na protoboard nós podemos errar e arrumar”.*

E momentos depois:

S5 B: *“A simulação é um pensamento que se coloca em prática e pode dar errado. Evitamos errar depois, simulando antes.”*

Exemplo 2:

S11 A: *“Vamos cortar a caixa em papelão, primeiro. Já fizemos um desenho, temos as medidas, mas num protótipo em papelão vai ser possível enxergar melhor se é isso que queremos!”*

Nesta frase, o sujeito **S11**, propõe a simular e fazer abstrações pseudoempíricas e portanto, reflexionantes.

Nos dois exemplos, tanto S5 quanto S11, demonstram que a antecipação de resultados na forma de simulação é uma forma de pensamento lógico, coerente e reflexivo.

4.3.2.7 Depuração

A análise referente a depuração fica nos comentários de **S3**. São dois comentários que se complementam.

S3 A: *“No uso de jumpers (fios de conexão), em excesso, ficou um emaranhado. Tivemos que limpar e ajustar. Aplicamos depuração, né?”*

S3 B: *“Tem que analisar o que se está fazendo e repensar todo ele. Se tem coisas que podem ser mudadas. Se essas mudanças vão melhorar a aparência!”*

A pesquisadora pergunta: *“Só a aparência?”*

S3 C: *“Não! Também o funcionamento. Se questionar sobre algo que não está funcionando. Repensar outra forma.”*

As expressões “analisar”, “repensar”, “se questionar” são indícios de abstrações reflexionante.

4.3.2.8 Paralelismo e/ou Generalização

Um comentário que exemplifica o paralelismo está em S1, quando diz:

S1 A: *“Quando construímos a primeira roda, apenas repetimos o processo para as demais. Isso é aproveitar o que aprendemos, repetindo o processo.”*

A generalização, por si só, já implica abstração reflexionante. Não há generalização sem que se reflita sobre possibilidades de aplicação de um conhecimento em outras situações que se assemelham ou tenham características iguais àquelas em que o conceito foi formado.

4.3.2 Análises gerais

As análises que seguem são apresentadas, para complementação do que já foi exposto referente a percepções de abstrações, com algumas imagens de alguns dos projetos desenvolvidos.

Caso 1

Os participantes **S02** e **S03**, queriam fazer um drone, ou seja, um pequeno veículo aéreo não tripulado. Não lhes foi dito que não o fizesse. No entanto, analisaram todos os dados e materiais disponíveis e concluíram, no 3º encontro que não teriam nem tempo, nem material adequado para o desenvolvimento do drone. Aqui é possível perceber a capacidade de análise dos dados. Decidiram-se em desenvolver um carrinho seguidor de linha, considerando que tinham a disposição sensores óticos reflexivos e, todas as informações que buscaram possibilitava o desenvolvimento de um veículo autônomo, com sensores que permitiam reconhecer se estavam sobre uma faixa preta. Se não estivesse, seria capaz de corrigir a trajetória e retornar a essa faixa, seguindo assim, em looping, se a pista for fechada. Um esboço inicial do projeto é mostrado na figura 30.

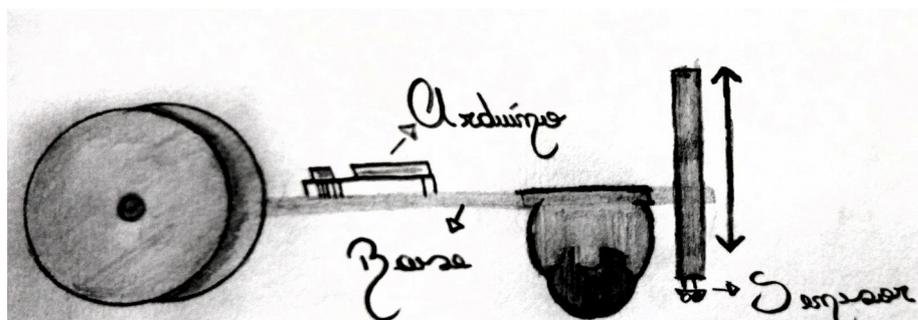


Figura 30: Esboço inicial do projeto "Herói"
Fonte: própria autora.

Desde coleta e análise de dados até paralelismo e generalização, para a criação e desenvolvimento do carro "O Herói", como o chamaram, demonstraram interesse na atividade e habilidades do pensamento computacional. A seguir, a figura 31 mostra a simulação em *protoboard* do circuito de três sensores.

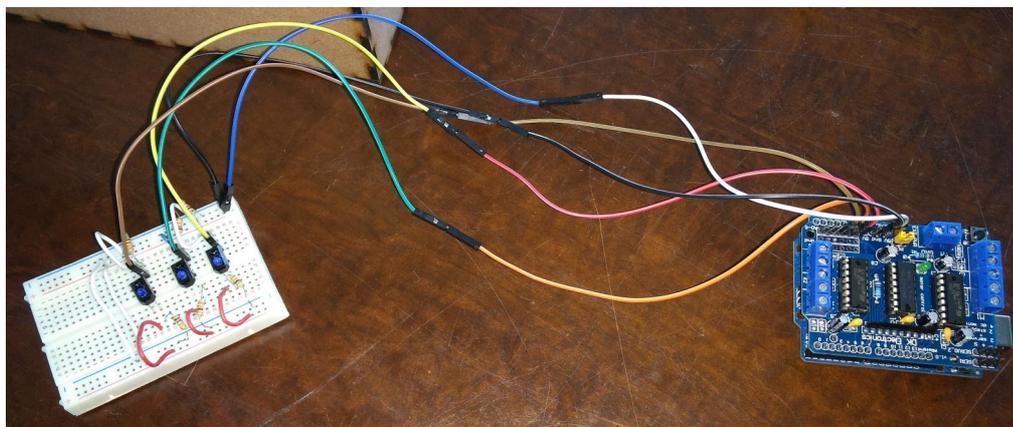


Figura 31: Simulação do circuito dos três sensores, em protoboard.
Fonte: própria autora.

Quando os dois participantes desenvolviam o circuito dos três sensores ópticos reflexivos, cada um deles associado a um respectivo resistor e o conjunto conectado ao drive L293N, que por sua vez estava conectado ao Arduino, comentamos a respeito, quando eu me referi ao fato que eles estavam fazendo o circuito com muita atenção e, qual era a importância disso, para eles. Se eles poderiam me descrever. A seguir, parte da conversa:

S03 A: *“Gosto muito dessa parte da robótica. De fazer as conexões certas e ver funcionar direitinho. Qualquer engano aqui, nada funciona!”*

Quando perguntado se isso era um desafio para ele, respondeu:

S03 B: *“Sim! São os desafios que prendem a atenção da gente.”*

S03 C: *“Mas ao mesmo tempo, são situações que se repetem. Basta saber alguns aspectos chaves. Eles se repetem. Por exemplo, montado o primeiro sensor de luz, se funcionou, repete igual os outros dois.”*

Quando questionado, porque primeiro simular na protoboard, a resposta foi rápida:

S03 D: *“Imagina errar isso, depois de soldado (fixo com solda) e definitivo no lugar? Nem pensar, né?”*

As respostas do aluno demonstram etapas do pensamento computacional (coleta e análise dos dados, simulação, paralelismo e generalização).

A figura 32, mostra parte do circuito anterior, ou seja, os três sensores soldados aos resistores para futuro uso no móvel que estavam projetando. Um fio preto conecta os três sensores ao terra (GND), um fio vermelho conecta os três sensores a entrada de 5 Volts e três fios azuis recebem o sinal de reconhecimento de retorno da intensidade luminosa, um para cada sensor. Ao lado, em detalhe, os 3 sensores juntos, visto de cima.

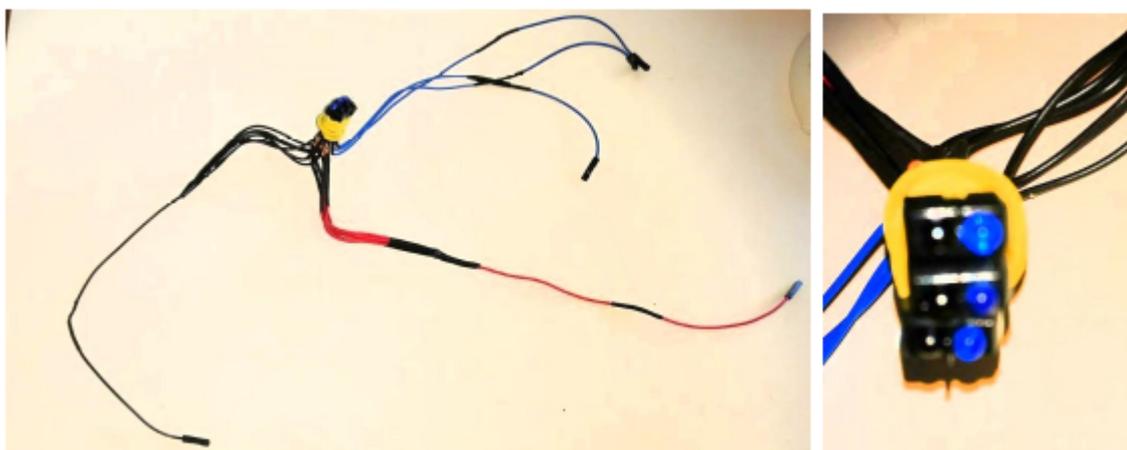


Figura 32: Sensores prontos para uso no “Carro Herói” e detalhe o lado
Fonte: própria autora

A figura 33, apresenta os 3 sensores, devidamente instalados na parte frontal do carrinho. Esta vista é de baixo para cima. Os sensores ficam voltados para a parte de baixo, pois devem reconhecer se estão seguindo uma linha preta disposta sobre uma trajetória branca.



Figura 33: Sensores ópticos em seus locais definitivos, no “Carro Herói”.
Fonte: própria autora.

Importante observar que os sujeitos da pesquisa tiveram pensamentos reflexivos suficientes, para projetar o suporte para os sensores, com quadrados vazados equidistantes, de tal forma que poderiam mudar os sensores, se houvesse necessidade de adaptação a trajetória. Esse é um pensamento que antecede a realidade. Poderá ser necessário ou não.

E, para finalizar este caso, a figura 34, mostra o projeto concluído, deslocando-se sobre uma trajetória preta, previamente estabelcida..

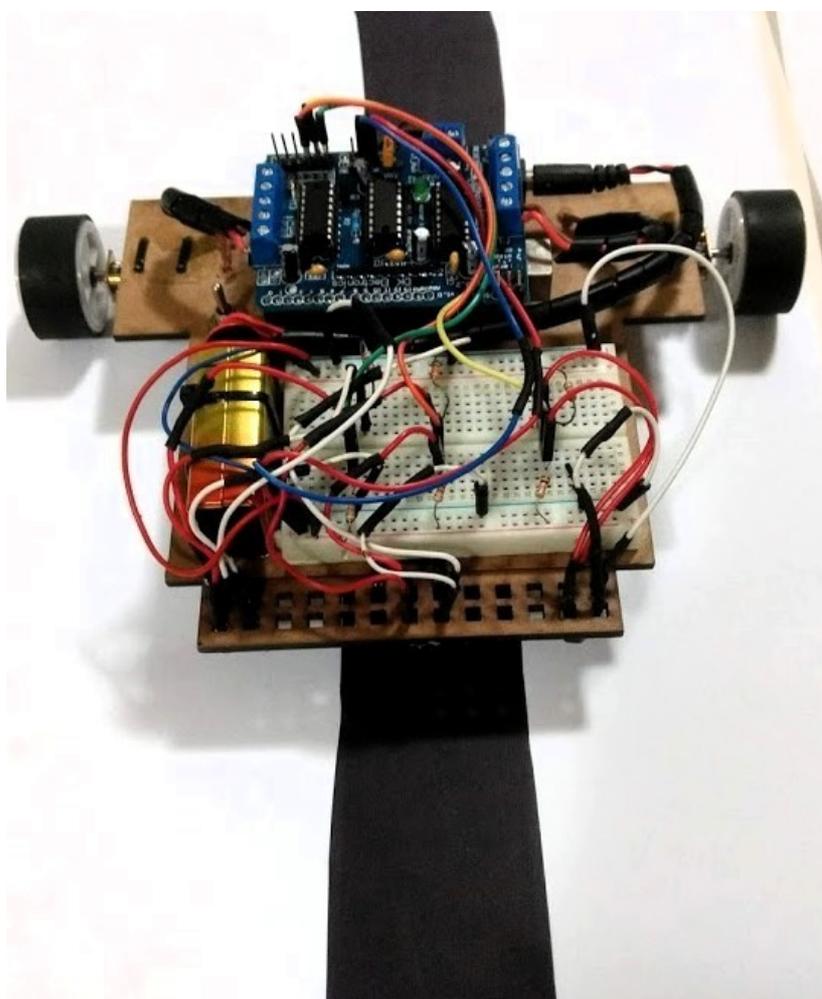


Figura 34: Carro "O Herói" sobre a pista.
Fonte: própria autora

Caso 2

Os alunos **S11** e **S12** desenvolvem um projeto que consiste num cofre que somente abre quando alguém se posicionar a uma determinada distância do sensor ultrassônico e ali permanecer por determinados segundos. Eles têm dificuldades de colocação da tampa de seu “AutoCofre”, cujo desenho do projeto inicial, está demonstrado na figura 35.

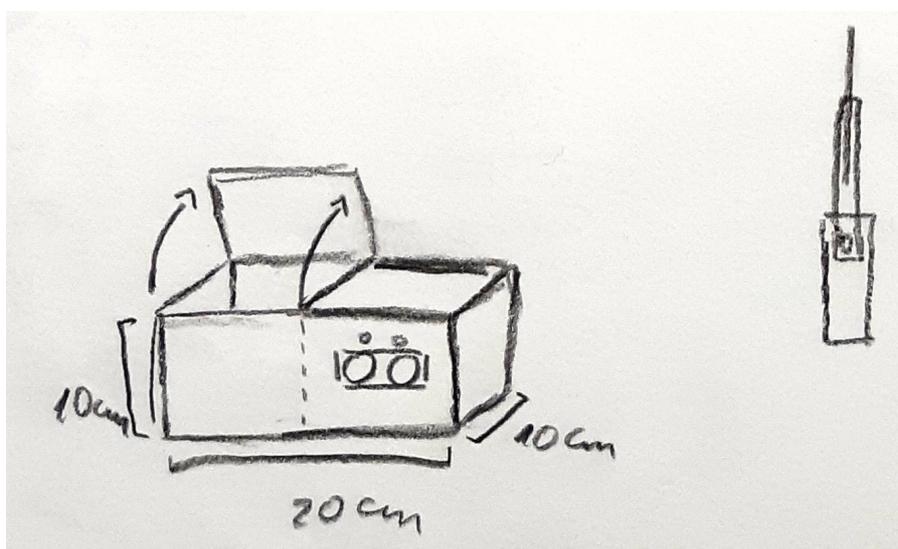


Figura 35: Projeto inicial do “AutoCofre”.
Fonte: própria autora

O grupo precisava que a tampa, ao descer por gravidade, se acomodasse naturalmente nos encaixes e isso não acontecia, depois de adaptarem uma nova forma de “dobradiça” do mesmo material. O sujeito da pesquisa, junto do colega do grupo, estiveram pensando muito sobre como resolver esse problema. Parecia sem solução, quando **S12**, numa reflexão pseudoempírica (colocava atributos sobre o objeto caixa e usando de sucessivos reflexionamentos e reflexões) chegou a uma conclusão, num dia em que seu colega havia faltado. Após mais de uma hora trabalhando somente nisso, o aluno me procurou sorrindo:

S12 A: *“Achei a solução. Vou colocar uma parede dupla no lado esquerdo do cofre. Isso vai deslocar o ponto de apoio e os encaixes continuarão se encontrando.”*

Quanto a essa dedução de colocar uma outra parede ao lado da anterior, conforme mostra figura 36, para deslocar o ponto de apoio e com isso, permitir os encaixes perfeitos, foi de abstração reflexionante. Foi um pensar sobre seus próprios pensamentos.



Figura 36: Deslocamento do ponto de apoio, por adição de parede dupla.
Fonte: própria autora.

O projeto AutoCofre concluído, sendo acionado por sensor de distância é apresentado na figura 37.



Figura 37: AutoCofre com acionamento por sensor ultrassônico.
Fonte: própria autora.

Caso 3

Um dos grupos analisados estava formado por três meninos com idades entre 12 e 14 anos e que não tinham nenhum conhecimento de robótica em suas escolas de origem. O projeto desenvolvido foi um carro que, deslocando-se para frente, ao encontrar um obstáculo a uma certa distância estipulada em 20 cm, parava, girava para esquerda e continuava até encontrar outro obstáculo e refazer o mesmo procedimento.

A figura 38 apresenta o “Carro Autônomo” já concluído, e a figura 39, a estrutura interna e seus componentes.

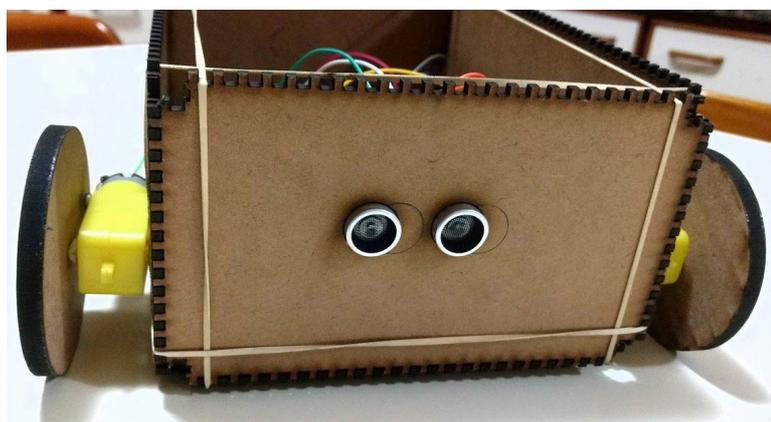


Figura 38: Vista de frente do "Carro Autônomo".
Fonte: própria autora

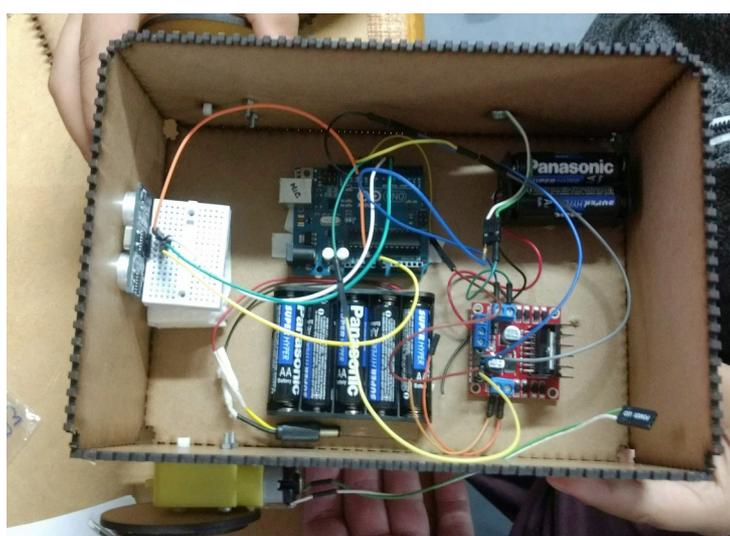


Figura 39: Vista interna do "Carro Autônomo".
Fonte: própria autora

Esse grupo iniciou uma pesquisa de carro autônomo e a ideia inicial era construí-lo em plástico, na impressora 3D, adaptando algum modelo já existente aos motores, drive de motor e sensor, disponibilizados no curso. Conseguiram alguns modelos que poderiam ser impressos, com licença para uso e modificações. Trabalharam nisso por um determinado tempo, usaram o software Tinkercad para criar outras peças 3D e adaptar ao modelo baixado da internet.

Aprenderam muito nessa pesquisa e tentativa de reprodução com adaptações de um modelo já existente. No entanto, na metade do curso, com o conhecimento que adquiriram pela pesquisa e remodelagem, facilmente construíram o veículo deles próprio, sem a reprodução do que planejavam anteriormente. Optaram em fazer em MDF, inclusive as rodas. Esta foi a opção final da estrutura física, que segundo eles, melhor acomodava todos os componentes que eles tinham. Em poucos minutos tiveram uma caixa cortada onde colocaram as rodas, motores, drive de motores, sensor ultrassônico, Arduino, pilhas e toda a conexão necessária.

No entanto, uma bolinha de gude que constituía uma roda de apoio, teve seu suporte impresso 3D, como pode ser observado no detalhe da figura 40. Esse suporte foi obtido de uma pesquisa realizada pelo participante S14, no endereço <https://www.thingiverse.com/thing:8959>, onde aparece a licença de permissão de impressão do tipo CC-BY-SA, ou seja, liberado para cópia, uso e distribuição com licença igual, devendo dizer que foi criação de “onebytegone”, como se intitula o autor no site.



Figura 40: Roda de apoio - Suporte impresso em 3D
Fonte: própria autora.

Neste projeto foi possível verificar uma evolução de conhecimentos e de aplicação do pensamento computacional, assim como, cada vez mais se observava os meninos envolvidos em abstrações reflexionantes, discutindo com argumentações lógicas e sustentadas por pensamentos reflexivos, tanto nas discussões referentes a estrutura quanto ao código de programação.

Primeiramente, passo a relatar, particularmente, as frases do sujeito **S13**, quando confrontado com algumas perguntas:

Falando sobre uma roda impressa em 3D que ficou com um defeito, bem no início do curso. A figura 41 mostra a roda impressa e o defeito é pequeno, quase imperceptível.



Figura 41: Roda impressa em 3D
Fonte: própria autora

S13 A: *“Este lado está um pouquinho mais alto aqui, ó!”*

S13 B: *“Ficou estranho por isso!”*

S13 C: *“A gente viu tanto aqui como no desenho.”*

S13 D: *“Mas a gente não consegue tirar por aqui.”* Mostra o desenho no software Tinkercad”

São frases soltas. Apenas constatações das observações feitas.

No oitavo encontro, ou seja, já passado metade do curso, percebe-se que S13 tem evoluído cognitivamente. Ele sempre foi participativo mas, nas muitas vezes que apresentava situações-problemas evidentes, não colaborava com levantamento de hipóteses para solucioná-las ou tinha atitudes de colaboração na solução de problemas. No entanto, a seguir um diálogo com os sujeitos **S13** e **S15**, onde se

pode observar uma ação de interesse de aprendizagem, análise de dados, simulação, automação, depuração e colaboração.

Diálogo com S13 e S15:

P: *“O que vocês estão fazendo agora”:*

S13 A: *“Os colegas estão vendo o tamanho dele (se referindo ao carro que estavam criando). Eu estou testando a programação, agora. É que deu um erro na programação. Não sei se foi na programação ou foi na montagem”.* Apontou pra montagem na protoboard.”

S13 B: *“Por enquanto ele vai ficar assim”.*

P: *“Assim? Como?”*

S13 C: *“Esse ai vai ser um pouco mais complicado!”*

O participante havia feito a simulação do circuito elétrico em protoboard, conforme as instruções iniciais dadas, mas os motores não estavam girando conforme era o esperado ao se passar o código de programação. Ele estava interessado em resolver o problema, por ele mesmo, mas ainda não sabia como resolver e estava quase desistindo. Talvez, porque eu cheguei e ele ainda não tinha levantado uma hipótese para testagem. Aparentemente, mas só aparentemente, apresentava o mesmo comportamento de nenhuma abstração majorante sobre o problema.

O interessante era que essa montagem já havia sido feita anteriormente, havia funcionado, mas ele não tinha participado ativamente ou não tinha entendido perfeitamente o processo e, agora, havia um interesse próprio de entender como aquilo funcionava. Achei muito importante esse comprometimento com a aprendizagem. O participante **S13** não mais queria depender do grupo. Estava claro que ele queria resolver um problema sozinho.

Nesse momento, conversando com o grupo sobre o fato de já ter funcionado anteriormente e comentando sobre o que estavam fazendo, perguntei se houve alterações. Foi então que o colega S15 comentou:

S15 A: “*Nós mudamos algumas portas (referindo-se as conexões do Arduino). Estamos fazendo alterações aqui na estrutura.*”

P: “*Vocês mudaram algumas portas e acham que a estrutura da montagem vai sofrer alguma modificação em função disso?*”

S15 B: “*Sim.*”

O colega **S13** ouvia e, então, ele se voltou para a montagem que estava sobre a bancada, observou a mesma, acessou o IDE do Arduino e, com confiança, alterou o código de programação. Estava entendendo a conversa e sabia onde deveria modificar o código para resolver o problema. O que estava faltando eram dados, ou seja, a informação que ouviu do colega **S15** foi o suficiente para que houvesse reflexionamentos e reflexões e se efetivasse a abstração reflexionante, de forma a resolver o problema.

Conversamos mais sobre o projeto em desenvolvimento e, em seguida, percebi o barulho dos motores, na simulação montada por **S13**, na *proto-board*. Tudo funcionando conforme o planejado. Ele havia solucionado o problema a que se propôs resolver.

Diálogo com S13 e S14:

No final, eles alteraram bastante o projeto inicial, ou seja, fizeram depurações, e resolveram mudar inclusive as rodas porque, entre outras coisas, a roda feita na impressora 3D, não encaixava no eixo do motor. Optaram por fazer, também as rodas, em MDF e com medidas adequadas ao eixo.

Bastante interessante a explicação que pode ser analisada no diálogo a seguir:

P: “*Agora vocês vão me contar como fizeram essa roda. Como foi? Quantas tentativas para chegar a roda ideal?*”

S13 e S14: “*Três.*”

P: “*Contem-me como foi feito o orifício onde encaixa o eixo do motor, que não é uma circunferência.*”

O participante **S13** passou a demonstrar como pensaram e depois realizaram, no software Tinkercad, a modelagem da roda, no que se refere ao espaço vazado centralizado que deveria ter a exata dimensão e forma do eixo do motor.

S13 A: *“A gente fez tudo “à mão”.*

Na expressão “à mão” o participante S13 estava se referindo que não copiaram uma imagem pronta para impressão. Eles mesmos, por justaposição e tratamento de imagens básicas como retângulos e círculos, construíram uma figura adequada ao encaixe do motor.

S13 B: *“A gente fez primeiro um quadrado, depois fizemos dois semicírculos. Cada um a parte. Copiamos e colamos espelhados. E formamos espelhado a própria imagem.”*

S13 C: *“Só que de primeira, deu errado. Ficou muito pequena.”*

S13 D: *“Então a gente abriu e acabou ficando um pouquinho grande. Então a gente ajustou até a largura dar certo.”*

P: *“Por que vocês tiveram que fazer isso espelhado e tudo mais? Por quê?”*

S13 E: *“Porque a gente não tinha uma forma pronta e era o único jeito da gente fazer certinho, de acordo com as medidas do motor.”*

Nestas respostas se observa que houve uma elaboração de pensamentos antes da ação de criar a imagem no software. Primeiro fizeram a experiência mental de que algumas formas básicas poderiam originar o formato que necessitavam. Ao executarem, analisaram e ajustaram às suas necessidades.

Também os comentários são com justificativas lógicas. Além do excelente trabalho que fizeram, desenhando no software, um formato diferenciado do encaixe do motor, **S13** estava demonstrando um nível de pensamento, com apresentação e justificativas lógicas e precisas, que parecia não apresentar nas primeiras atividades. Não havia apenas constatações e sim, análise com demonstração do que foi feito, com expressões de compreensão e possibilidade de reproduzir a mesma experiência.

Vale ressaltar que existia outra maneira de fazer o que eles queriam, usando o software *Inkscape* mas eles optaram por fazer no *Tinkercad* e, no final, tiveram êxito

e se tornaram referência na turma. O encaixe do motor na roda ficou tão perfeito que outros dois grupos do curso pediram a imagem deles emprestadas para produzirem rodas com melhor adaptação no motor.

4.4 Análise comparativa entre as atividades desenvolvidas e as provas de Longeot.

Trinta e quatro participantes realizaram as atividades práticas, denominadas “Construindo Luminárias” e “Curso de Robótica para Adolescentes”. Conforme analisado na alínea 4.1, oito (8) participantes da pesquisa encontravam-se no estágio cognitivo operatório concreto, dez (10) no pré-formal, quatorze (14) deles no estágio operatório formal e dois deles não completaram os três testes, conforme a tabela abaixo.

Tabela 11: Dados gerais dos participantes da pesquisa, segundo as provas de Longeot.

Atividade	Total de alunos	Alunos que realizaram as provas	Estágio de Desenvolvimento Cognitivo		
			Operatório Concreto	Pré-formal	Operatório Formal
Luminária	16	16	3	6	7
Curso	18	16	5	4	7
Total	34	32	8	10	14

Fonte: própria autora

Os participantes L02A, L08A, L12, S03, S04, S11, S12, S15, S17 e S18 tiveram muita facilidade na aplicação das habilidades do pensamento computacional e há indícios de que continuarão aplicando esse processo de resolução de problemas para outros casos. Classifiquei-os, simbolicamente, com a letra A. Os participantes L01A, L01B, L02B, L07, L08B, S02, S10, S14 e S16 manifestaram dúvidas em relação a determinadas habilidades do processo e resistência inicial à sua aplicação. No entanto, após poucas atividades já se mostraram hábeis na aplicação do pensamento computacional para resolver problemas. A esses sujeitos da pesquisa foi atribuído B. Já os participantes L03, L04, L05, L09, L10, L11A, L11B, S01, S5, S6, S7, S8, S9 e S13 se mostraram envolvidos com as tarefas, mas as habilidades de coleta e análise de dados, decomposição do problema,

pensamento algorítmico, automação, simulação e paralelismo estiveram se formando durante o período da atividade e se pode perceber um aumento significativo na abstração, em cada habilidade aplicada, somente mais no final do período de desenvolvimento da atividade. Ao final, demonstraram que estavam habilitados ao uso do pensamento computacional em resolução de tarefas complexas porém, precisaram de mais tempo para demonstrar consciência de aplicação e resolução de problemas num processo estruturado. Uma descrição bem criteriosa foi feita na alínea 4.3.2 em relação a alguns desses participantes.

A seguir, na tabela 12, é apresentado o resultado das provas de Longeot. Junto, a classificação geral que cada um recebeu, enquanto analisado pelas atividades desenvolvidas para resolução de problemas, usando o processo do pensamento computacional.

Tabela 12: Estágios operatórios e o desempenho nas atividades.

Participante		Estágio Operatório segundo provas de Longeot	Desempenho nas Atividades
1	L01A	Pré-formal	B
2	L01B	Pré-formal	B
3	L02A	Formal	A
4	L02B	Pré-formal	B
5	L03	Concreto	C
6	L04	Concreto	C
7	L05	Concreto	C
8	L06	Pré-formal	B
9	L07	Formal	B
10	L08A	Formal	A
11	L08B	Pré-formal	B
12	L09	Concreto	C
13	L10	Concreto	C
14	L11A	Concreto	C
15	L11B	Concreto	C
16	L12	Formal	A
17	S01	Concreto	C
18	S02	Pré-formal	B
19	S03	Formal	A
20	S04	Formal	A
21	S05	Não completou os testes	C
22	S06	Não completou os testes	C
23	S07	Concreto	C

24	S08	Concreto	C
25	S09	Concreto	C
26	S10	Pré-formal	B
27	S11	Formal	A
28	S12	Formal	A
29	S13	Concreto	C
30	S14	Pré-formal	B
31	S15	Formal	A
32	S16	Pré-formal	B
33	S17	Formal	A
34	S18	Formal	A

Fonte: própria autora

A análise do desempenho nas atividades de cada participantes da pesquisa , ao qual se atribuiu os símbolos A , B e C , foram feitas sem a verificação do resultado do estágio operatório em que cada um deles se encontrava. Somente na elaboração da tabela apresentada acima foi possível observar e comparar os resultados. Dos dezessete sujeitos analisados, sete (7) deles obtiveram classificação A e todos eles coincidem com o estágio operatório formal. Cinco (5) participantes do total foram classificados com B, sendo que quatro (4) coincide com o estágio pré-formal e um (1) ao estágio formal. Os demais cinco (5) sujeitos, obtiveram classificação C, sendo que quatro (4) coincide com o estágio operatório concreto e dois (2) não obtiveram classificação em formal, pré-formal ou concreto porque não completaram os três testes, sendo impossível a comparação.

Dessa comparação é possível deduzir que quanto mais alto o estágio operatório do sujeito, maior a facilidade de aplicação do pensamento computacional na resolução de problemas.

“A busca de soluções para as questões que estão sempre surgindo num ambiente enriquecido, configura a atitude e a conduta de verdadeiros pesquisadores.”

Léa da Cruz Fagundes (1999)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisar abstrações é tarefa bastante audaciosa. Foi preciso me encher de coragem, para ser ousada o suficiente e iniciar este trabalho. Depois de iniciado, foi um caminho gratificante e sem retorno, como toda aprendizagem o é. Amparada na teoria cognitiva de Jean Piaget que, entre várias definições, deixa claro que é preciso abstrair para compreender e, sendo professora, cuja função principal é criar situações onde o aluno compreenda fatos e situações, produzindo seu próprio conhecimento, foi preciso antes saber como o sujeito pensante aprende.

Piaget fala de abstrair no sentido de “retirar algo” de alguma coisa, de um objeto, de um conceito, de uma estrutura cognitiva, das próprias reflexões. Durante essa abstração há reflexionamentos e reflexões em nível de pensamento. Enquanto os reflexionamentos consistem em “movimentos” ou “misturas” de conhecimentos prévios com dados novos, as reflexões são comparações em nível mais elevado de pensamento, com possibilidade de formação de novas estruturas.

Ocorre a abstração empírica quando se retira as informações que o objeto analisado fornece, apenas por suas características próprias e abstração reflexionante, quando se abstrai sobre as ações que se aplica sobre o objeto, sobre

a própria análise, sobre a estrutura cognitiva, ou seja, novas coordenadas do próprio sujeito são traçadas e analisadas pelo mesmo. A abstração reflexionante ocorre em nível de pensamento, muito embora, muitas vezes, ligada a ação sobre objetos. Quando a abstração se torna consciente, significa que o sujeito elevou um conjunto de abstrações a um nível de conceito, de conhecimento puro e, então, podemos chamar de abstração refletida. Nesse patamar, irremediavelmente, acontece a aprendizagem.

Para ocorrer a aprendizagem, é preciso, então, colocar o sujeito em situações que o levem a pensar, a se questionar, a formular e resolver problemas e o processo do pensamento computacional, sendo aplicado na construção de hiperobjetos da robótica educacional, é adequado para colocar o estudante na condição de sujeito ativo, reflexivo e interacionista para, ele mesmo, construir seus conceitos a partir de abstrações.

As atividades educacionais com objetos concretos vão, certamente, fornecer abstrações empíricas e isso é muito importante porque podem desencadear abstrações reflexionantes. Porém, são necessárias a ação e a reflexão do sujeito sobre o objeto, fato ou informação porque, sem a abstração reflexionante, não há produção de conhecimento.

5.1 Conclusões

Diante dos objetivos propostos no início desse trabalho e dos dados coletados e analisados, evidenciou-se que um grande percentual de alunos do primeiro ano do ensino médio ainda não chegou no estágio mais avançado do pensamento cognitivo, conhecido como estágio do pensamento formal. Logo, precisam se apoiar em atividades em que o material concreto seja provocador de reflexões pseudoempíricas que o levem para reflexionamentos e reflexões de graus mais elevados e, assim, evoluir cognitivamente.

A segunda atividade de pesquisa evidenciou que o estudo e desenvolvimento de hiperobjetos da robótica educacional, com sua característica essencialmente prática, apresenta situações-problemas com potencial para aplicação e desenvolvimento das habilidades do pensamento computacional.

Todas as habilidades do pensamento computacional, usadas para a formulação e resolução de problemas são evidenciadas no desenvolvimento de projetos que envolve robótica. Alunos que nunca tiveram nenhuma experiência anterior com robótica, aplicam as habilidades do pensamento computacional, quando direcionados a isso, para resolver o desafio proposto. E, após um período de aulas de robótica, onde se sistematizou a aplicação do processo, os participantes da pesquisa, numa nova testagem dessas habilidades mostraram sensível adaptação ao processo de pensamento computacional que é constituído das habilidades de coleta, análise e organização de dados, decomposição do problema, pensamento algorítmico, automação, simulação, depuração, paralelismo e/ou generalização.

Estas habilidades são mais facilmente encontradas e desenvolvidas naqueles alunos que se encontram em nível de pensamento operatório formal ou pré-formal. Naqueles que ainda se encontram no pensamento concreto, o desenvolvimento é real e significativo, mas demanda um pouco mais de atividades concreta para chegar a um patamar de autonomia para a execução dessas habilidades.

Piaget já havia demonstrado a relação entre o grau de abstração e o nível operatório em que se encontra o sujeito e as análises desta tese corroboraram com esta afirmação, ou seja, quanto maior o nível cognitivo, maior o nível de abstração reflexionante. Agora, pode-se referendar que, quanto mais desenvolvida estiver a abstração reflexionante, mais facilidade terá o indivíduo de aplicar as habilidades do pensamento computacional.

Todos são capazes de aplicação desse processo de resolução de problemas. No entanto, aquele que está num estágio cognitivo mais elevado tem mais facilidade de desenvolver as atividades, aplicando as habilidades do pensamento computacional. Assim, é importante que sejam oportunizadas atividades escolares que desenvolvam a abstração e que, principalmente, essas atividades sejam de

questionamentos, de investigação, de desafios, de busca de solução a alguma tarefa, ou seja, de formulação e resolução de problemas e que os mesmos possam ser solucionados usando o processo do pensamento computacional, que tem como base, em cada habilidade, a abstração.

Outra conclusão não menos importante, e que ficou bastante claro na terceira atividade de pesquisa, foi referente a abstração reflexionante que está presente em todas as habilidades do pensamento computacional e, não somente, como uma das habilidades desse processo. A aplicação do processo do pensamento computacional para resolver problemas implica fazer uso de abstrações. Dessa forma, há uma retroalimentação, onde a abstração é necessária para a aplicação das habilidades do pensamento computacional e o processo, sendo aplicado, desenvolve a abstração reflexionante.

Dessa forma, nesta tese, conclui-se que alunos do ensino médio, com nenhum conhecimento anterior de robótica, ao participarem de atividades básicas envolvendo o microcontrolador Arduino para desenvolver projetos simples, resolvem problemas usando o processo do pensamento computacional, quando devidamente orientados em sala de aula. Quando o processo é sistematizado, cada situação-problema identificado, dá origem à aplicação do processo, de forma que os alunos evoluem cognitivamente, desenvolvendo as habilidades e as expandindo para outras situações. Ao mesmo tempo, para aplicar e desenvolver cada habilidade do pensamento computacional, fazem uso de abstrações reflexionantes.

Alunos com conhecimento anterior de robótica apresentaram as mesmas características iniciais daqueles que não tinham conhecimento algum, no que se refere a aplicação do pensamento computacional. Logo, pode-se constatar que ter conhecimento em robótica não quer dizer que tenha domínio do pensamento computacional, ou vice-versa. No entanto, a robótica educacional, como atividade que apresenta formulação e resolução de problemas, é um meio adequado de aplicação e desenvolvimento do pensamento computacional e, conseqüentemente, da abstração reflexionante, tão importante para o desenvolvimento cognitivo.

Assim, vale ressaltar que:

- A abstração reflexionante e as habilidades do pensamento computacional são evidenciadas no desenvolvimento de projetos de robótica, quando adequadamente encaminhadas em atividades de resolução de problemas que demandam uso e criação de hiperobjetos;

- As práticas que envolvem construção de hiperobjetos de robótica educacional são essencialmente fornecedoras de “problemas a resolver” e, numa sociedade em que temos possibilidades de acesso ampliado à informação, elas se mostram adequadas à aplicação e desenvolvimento do pensamento computacional, não necessitando de conhecimento prévio em robótica.

- A abstração reflexionante é própria do sujeito cognoscente e é a base de todas as habilidades do pensamento computacional e não somente uma das habilidades desse processo

- Quanto mais elevado o estágio cognitivo em que se encontra o sujeito, mais facilidade de aplicação do pensamento computacional para formular e resolver problemas.

Dessa forma, para analisar e promover o desenvolvimento da abstração reflexionante e do pensamento computacional a partir de atividades de robótica educacional e seus hiperobjetos se faz necessário oportunizar situações-problemas em que o próprio sujeito aprendente seja incentivado a resolvê-las aplicando as habilidades que implicam em:

- decompor o problema e resolver um problema de cada vez;
- coletar dados, analisá-los e fazer registros sistemáticos dos mesmos;
- aplicar o pensamento algorítmico, para resolver cada problema em todas as instâncias do projeto, e não só na programação;
- promover a automação para agilizar processos e desenvolver os algoritmos estabelecidos;
- efetivar simulações, sempre que possível;
- rever os passos de forma sistemática, realizando as depurações necessárias;

- aplicar o paralelismo na realização de tarefas e estabelecimento de parâmetros;
- fazer generalizações a partir dos conhecimentos e conceitos concebidos, de tal forma a aplicá-los em outras situações semelhantes.

Ao mesmo tempo que estas habilidades estão sendo aplicadas, se está também promovendo o desenvolvimento da abstração reflexionante e, vice-versa, a abstração reflexionante, que evolui junto dos níveis cognitivos do sujeito, favorece o desenvolvimento dessas habilidades.

5.2 A ubiquidade do hiperobjeto na pesquisa e perspectivas futuras

O uso de hiperobjetos da robótica educacional como instrumentos de coleta de dados para análises e considerações apresentadas nesta tese, demonstraram um interessante viés de pesquisa. No entanto, a mesma foi mantida sobre os parâmetros que envolviam as atividades da robótica educacional, a abstração reflexionante e o pensamento computacional, para não fugir dos objetivos apresentados e que se mantiveram de acordo com o problema proposto. Apesar de sempre enfatizar as implicações favoráveis da liberdade da informação, no qual se insere o hardware e o software livre e, portanto, o hiperobjeto, para a produção do conhecimento, nada se coletou nesse sentido. Muito embora, era visível o desconhecimento por parte dos participantes, dessa realidade que pode, e deve criar e ampliar vínculos de interação, significação e valorização do indivíduo, pelos seus atos de pesquisa sem receios de desrespeitar leis ou direitos autorais.

Durante todas as atividades desenvolvidas para coleta de dados, deu-se ênfase para que os alunos procurassem obras e sites onde as informações estivessem sob licenças permissivas, como por exemplo, a Creative Commons e

decodificassem sob que tipo de licença (BY¹², SA¹³, NC¹⁴ e ND¹⁵ ou CC0¹⁶) poderiam fazer uso dos conteúdos obtidos. Da mesma forma, conforme pode ser observado no apêndice A, foram orientados e incentivados para que fizessem a documentação de seus projetos e disponibilizassem, indicando a licença que o submeteriam. Se os licenciados teriam o direito de copiar, exibir, distribuir e executar a obra e fazer trabalhos derivados dela, desde que fossem dados os devidos créditos ao autor, na maneira especificada por este ou se haveria alguma restrição, como por exemplo, somente licenciado para uso não-comercial e também com distribuição sob mesma licença da obra original. Os alunos estavam aprendendo atitudes éticas, frente as possibilidades de criar e recriar em cima do que já existe. Estavam usufruindo da cultura RW¹⁷ onde a permissão está além do apenas ler e visualizar o material criado por outro, onde há a possibilidade de escrever sobre o que já está escrito, reinventar o já inventado, remodelar de acordo com sua vontade, de maneira legal, protegidos pelas licenças permissivas, fornecidas junto da publicação do material.

O conceito e aplicação dos hiperobjetos estiveram sempre presentes durante a pesquisa e, apesar de não ser um dos problemas que nortearam a mesma, foi possível observar que a maioria dos alunos não sabiam da existência dessas licenças permissivas, que caracterizam os hiperobjetos. Os participantes começaram a fazer pesquisa e uso de material disponível sob essas licenças por sugestões de busca e uso desse tipo de dados e também pela necessidade de documentar o hiperobjeto por eles criado.

Uma vez que os alunos não apresentam noções prévias sobre as condições de uso e reuso de conteúdo existente na internet, é razoável afirmar que i) a escola ainda não está preparando os estudantes para atuarem de forma completa na cultura digital e ii) que a realização de atividades que envolvem a criação ou modificação de hiperobjetos educacionais podem ser utilizadas para suprir esta lacuna.

12 BY – Deve citar o autor

13 SA – As obras derivadas devem ser distribuídas somente sob licença idêntica à que governa a obra original.

14 NC – As cópias, execuções, distribuições ou obras derivadas são permitidas, somente para fins não-comerciais.

15 ND – São permitidas execuções, distribuições apenas de cópias exatas da obra, não podendo criar derivações da mesma.

16 CC0 – Domínio público, ou seja, todo material liberado, sem restrições.

17 RW – Read / Write, ou seja, podem ler e escrever na obra, ao contrário da cultura RO (Read / Only) onde apenas se lê a obra, sem possibilidade de alterar a mesma.

A liberdade de informação para a construção do conhecimento é um dos pilares da ciência e educação aberta. Dessa forma, esse é um vasto campo de pesquisa que pode ter desdobramentos a favor do conhecimento e, portanto, fica como sugestões de pesquisa futuras:

- A influência das licenças permissivas na aprendizagem a partir de pesquisas, criações e/ou resolução de problemas, junto de alunos e professores de escolas do ensino médio e superior.
- A influência da documentação e divulgação dos hiperobjetos desenvolvidos pelos alunos, na aprendizagem em uma área específica, como por exemplo na área das linguagens, códigos e suas tecnologias.
- A documentação e divulgação dos hiperobjetos desenvolvidos pelos alunos e a influência na autoestima dos mesmos.
- Qual a influência das licenças permissivas no processo de desenvolvimento da criatividade e inovação?

Muitos outros questionamentos e análises podem ser feitos dentro dos temas abordados nesta tese. Assim, como sugestões de continuidade da pesquisa, propõe-se, ainda:

- Investigar como os hiperobjetos da robótica educacional podem ser aplicados para desenvolvimento da abstração reflexionante e das habilidades do pensamento computacional em áreas específicas do conhecimento, como por exemplo, a área das ciências humanas ou a área das linguagens, códigos e suas tecnologias.
- Investigar como os hiperobjetos da robótica educacional fomentam a curiosidade epistemológica do sujeito para dar início às abstrações reflexionantes.
- Investigar quais atividades específicas da robótica educacional tem maior influência no desenvolvimento de abstração reflexionante de grau elevado.
- Investigar se a aplicação do pensamento computacional pode diagnosticar estágios do desenvolvimento cognitivo, pela análise da abstração envolvida.

- Comparar resoluções de problemas por meio do pensamento computacional e outros métodos.

Entre todas as possibilidades e desafios, fica a certeza de que uma vez aplicado, compreendidas e percebidas as vantagens de aplicação do pensamento computacional na formulação e resolução de problemas, o indivíduo reestruturou suas habilidades de pensamento reflexivo de forma a qualificar-se, cada vez mais, na evolução da sua cognição, nessa sociedade em que a informação surpreende pela quantidade e, nem sempre, pela qualidade, mas que pode ser sensivelmente alterada pela conduta ética ao divulgar trabalhos com as devidas licenças e usufruir de obras devidamente licenciadas, para construir a aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- Aho, A. V. (2012). **Computation and Computational Thinking**. In *The Computer Journal*, 55(7), 832–835. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>.
- Albagli, S. (2015). **Ciência aberta em questão**. In *Ciência aberta, questões abertas*. Instituto Brasileiro de Informação em ciências e tecnologia. UNIRIO. IBICIT. Disponível em <http://livroaberto.ibict.br/handle/1/1060>.
- Albus, J. S., Vanderbrug, G. J., Barbera, A. J., Fitzgerald, M. L., & Wheatley, T. E. (1981). **NBS/RIA Robotics Reserch** Workshop. National Bureau of Standarts Special Publication.
- Andrade, A. dos S. (1984). **Desenvolvimento de testes padronizados baseados em provas piagetianas**: revisão bibliográfica. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, 36(3), 3 –23. Disponível em <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/abp/article/view/19001>.
- Andrade, D., Carvalho, T., Silveira, J., Cavalheiro, S., Foss, L., Fleischmann, A. M., ... Reiser, R. (2013). **Proposta de Atividades para o Desenvolvimento do Pensamento Computacional no Ensino Fundamental**. In *II Congresso Brasileiro de Informática na Educação* (pp. 169–178).
- Barr, D., Harrison, J., Conery, L (2011). **Computational Thinking: A Digital Age Skill for Everyone**. In *Learning & Leading with Technology*, 20 -23, v. 38, n. 6.
- Barragán, H. (2004). **Wiring: Prototyping Physical Interaction Design No Title**. Disponível em http://people.interactionivrea.org/h.barragan/thesis/thesis_low_res.pdf
- Bartelmebs, R. C., Harres, J. B. S., & Silva, J. A. (2014). **A teoria da abstração reflexionante e a história da astronomia**. In *Revista Latino-Americana de Educação Em Astronomia - RELEA*, 73–88.
- Becker, F. (2011). **O caminho da aprendizagem em Jean Piaget e Paulo Freire**. Rio de Janeiro: Vozes.
- Becker, F. (2017). **Abstração Pseudoempírica: Significado epistemológico e impacto metodológico**. In *Educação & Realidade*. 371–393.

- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., & Engelhardt, K. (2016). **Developing Computational Thinking in Compulsory Education**. (Panagiotis Kampylis & Y. Punie, Eds.). Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Bogdan, R. Biklen, S. K.(1994). **Investigação Qualitativa em Educação: Uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora.
- Bona, A. S. de. (2012). **Espaço de aprendizagem digital de Matemática: O aprender a aprender por cooperação**. Tese UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Borges, K. S., Menezes, C. S. de. & Fagundes, L. da C. (2017). **The Use of Computational Thinking In Digital Fabrication Projects A Case Study From the Cognitive Perspective**. IEEE.
- Borges, K. S., Peres, A., Castilho, M. I., & Fagundes, L. da C. (2015). **Possibilidades e desafios de um espaço maker com objetivos educacionais**. In Revista Tecnologias Educacionais. 53 (210).
- Brackmann, C. P. (2017) **Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica**. Tese UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Braga, E. C. (2009). **As redes sociais e as suas propriedades emergentes como a inteligência coletiva: A criação do comum e da subjetividade**. In Revista Digital de Tecnologias Cognitivas.
- Brennan, K. & Resnick, M. (2012). **New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking**. American Educational Research Association. Disponível em http://web.media.mit.edu/~kbrennan/files/Brennan_Resnick_AERA2012_CT.pdf
- Bryant, L. R. (2011). **On the Reality and Construction of Hyperobjects with Reference to Class**. In A CommentAry on JeAn-PAul Sartre'S. (86 – 103). Texas: Collin College.
- Castells, M. (2003). **Sociedade em Rede**. São Paulo. Editora Paz e Terra.
- Castilho, M. R. (2004) **O uso da simulação computacional como ferramenta de auxílio à tomada de decisão: aplicação em empresa de papelão ondulado**. Porto Alegre. UFRGS. Escola de Engenharia. Mestrado Profissionalizante em Engenharia.
- Castilho, M. I., Borges, K. S. & Fagundes, L. da C.(2018). **A Abstração Reflexionante no Pensamento Computacional e no Desenvolvimento de Projetos de Robótica em um Makerspace Educacional**. In RENOTE – Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 16, n. 1.
- Cetin, I., Dubinsky, E., **Reflective abstraction in computational thinking**. In Journal of Mathematical Behavior. v. 47, (70 – 80).
- Chadwick, M. & Orellana, E. **Puebas Longeot**. Disponível em: <https://duckduckgo.com/?q=Chadwick%2C+M.%2C+Orellana%2C+E.+PRUEBAS+LONGEOT+site%3Acarolinacatalanpsicopedagogia.files.wordpress.com&t=canonical&ia=web>.
- Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C., Woollard, J. **Computational thinking – A guide for teachers**. E-book Digital Schoolhouse. Disponível em <http://community.computingatschool.org.uk/resources/2324/single>, sob licença Creative

Commons CC BY-NC-SA 4.0

- Danjou, C., Pellerin, R., & Rivest, L. (2017). **Industrie 4.0 : des pistes pour aborder l'ère du numérique et de la connectivité**. Canadá.
- Despinoy, F (2015). **Analyse, reconnaissance et réalisation des gestes pour l'entraînement en chirurgie laparoscopique robotisée**. Automatique / Robotique. Tese Universidade de Montpellier. França.
- Ducet, J.-J. (2004). **Método Clínico-Crítico Piagetiano**. Service de La Recherche En Éducation.
- Fagundes, L.C. (1999). **Aprendizes do futuro: as inovações começaram**. In Coleção Informática para a mudança na educação. São Paulo. USP-Estação Palavra.
- Fagundes, L.C. (2011). Vídeos: **Educação Continuada - Robótica Educacional (I) (II) (III)** Disponíveis em <https://www.youtube.com/watch?v=-QVzfUzQJk&t=161s>.
- Fagundes, L.C. (2012). Vídeo: **Entrevista com Léa Fagundes**. Instituto EducaDigital. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=eIACzwdl_OY.
- Farias, G. (s/d). **Introdução a computação**. Paraiba, Produção Virtual, Universidade Federal da Paraiba. Disponível em <http://producao.virtual.ufpb.br/books/camyle/introducao-a-computacaolivro/livro/livro.chunked/index.html>.
- Fislake, M. (2018). **Robotics in Technology Education**. In Springer International Publishing, pp. 361–384. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44687-5_28
- Fornaza, R., & Webber, C. G. (2014). **Robótica Educacional Aplicada à aprendizagem em Física**. In RENOTE- Revista Novas Tecnologias Na Educação.
- Freire, P. (2013). **Pedagogia da autonomia, saberes necessários à prática educativa**. Rio de Janeiro: Paz e terra.
- Frezza, J. S. (2015). **Construção de modelos e teorias físicas. Da Mecânica Clássica de Newton à Mecânica Relativística de Einstein**. Tese UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Garnier, S. (2017). **Identification et modélisation pour le développement de la surveillance d'usage et de la robotique de production**. HAL - Archives-Ouvertes.
- González, M. R. (2015). **Computational Thinking Test: Design guidelines and content validation**. In EDULEARN15 Conference (pp. 2436–2444). Barcelona.
- Hansen, E., & Resnick, M. (2016). **LEGO's Mindstorms**. In MIT MediaLab. Retrieved from <https://www.media.mit.edu/sponsorship/getting-value/collaborations/mindstorms>
- Hinterholz, L. T., & Cruz, M. E. K. da. (2015). **Desenvolvimento do Pensamento Computacional: Um relato de atividade junto ao Ensino Médio, através do Estágio Supervisionado em Computação III**. In Anais Do XXI Workshop de Informática Na Escola, pp. 137–146.
- Kandlhofer, M., & Steinbauer, G. (2016). **Evaluating the impact of educational robotics on pupils' technical-and social-skills and science related attitudes**. Robotics and Autonomous Systems,

679–685.

- Kebach, P. F. C. (2016). **Da ação à compreensão: Um passeio pela teoria de Piaget**. In Schème: Revista Eletrônica de Psicologia E Epistemologia Genética, 79–104.
- Kera, D. (2015). **Hardware aberto para ciência aberta no sul global: diplomacia geek?** In A Ciência aberta, questões abertas (pp. 143–168).
- Khanlari, A. (2013). **Effects of robotics on 21st century skills**. European Scientific Journal, 9(27), 26–36.
- Latour, B. (2013). **Jamais fomos modernos**. São Paulo: Editora 34 Ltda.
- Lessig, L. (2008). **Remix: Making Art and Commerce Thrive in the Hybrid Economy**. Penguin Press HC.
- Lévy, P. (1998). **A máquina universo: criação, cognição e cultura informática**. Porto Alegre.
- Lévy, P. (2010). **Cibercultura**. (Editora 34, Ed.) (3 edição).
- Lévy, P. (2015). **A inteligência coletiva**. São Paulo: Folha de São Paulo.
- Longeot, F. (1974). **Echelle de developpement de la pensee logique**. Paris. EAP.
- Lopes, D. de Q. (2008). **A exploração de modelos e os níveis de abstração nas construções criativas com robótica educacional**. Tese UFRGS-Universidade federal do Rio Grande do Sul.
- Lowe, T., & Brophy, S. (2017). **An Operationalized Model for Defining Computational Thinking**. IEEE.
- Lynch, S. (2016). **Hyperobjects**. Disponível em <http://artmur.com/en/artists/colleen-wolstenholme/hyperobjects/>
- Marini, A., & Tolusso, E. (2016). **Il concetto di “hyperobject” nella geografia contemporanea**. In Journal of Culture, Politics and Innovation.
- Marques, J. L., Spacek, A. D., Mota Neto, J., Ando Junior, O. H. (2017). **Proposta de uma bancada de baixo custo para o ensino de automação industrial de acordo com as normas de segurança**. In Revista de Ensino de Engenharia, v. 36, n. 2, p. 47-62.
- Masse, J.-T. (2017). **Capture de mouvements humains par capteurs RGB-D**. HAL - Archives-Ouvertes.
- Mataric, M. (2014). **Introdução a Robótica**. São Paulo. Editora Unesp.
- Mavrommati, I., & Kameas, A. (2003). **The evolution of objects into hyper-objects: Will it be mostly harmless? Personal and Ubiquitous Computing**, 7(3–4), 176–181. <https://doi.org/10.1007/s00779-003-0223-1>
- Minayo, M. C. S. (2002). **Ciência, Técnica e Arte: O desafio da pesquisa social**. In Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade. Rio de Janeiro. Ed. Vozes. 9-29.
- Morton, T. (2013). **Hyperobjects: Philosophy and Ecology after the End of the World**. University of Minnesota Press. Minneapolis.
- Nemetz, F (1995). **HMT: Modelagem e Projeto de Aplicações Hipermidia**. Dissertação

- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/25773>.
- Papert, S. (1980). **Mindstorms: children, computers and powerful ideas**. New York.
- Papert, S. (1985). **Logo: computadores e educação**. São Paulo: Brasiliense.
- Papert, S. (1986). **Construcionism: a new opportunity for elementary science education; a proposal to the National**. Cambridge: Massachusetts: MIT Media Lab., Epistemology and Learning Group.
- Psathas, G. (1973). **Phenomenological sociology**. New York: Wiley.
- Pezzi, R. P. (2015). **Ciência aberta: dos hipertextos aos hiperobjetos**. In *Ciência aberta, questões abertas*. Brasília: Ibict; Rio de Janeiro: Unirio. URI Disponível em: <http://handle/1/1060>. ISBN: 978-85-7013-109-6.
- Pezzi, R. P., Marques, H. C., Fernandes, Brandão, R. V., Freitas, M. P. P. de, Alves, L. S., ... Weihmann, G. R. (2017). **Desenvolvimento de tecnologia para ciência e educação fundamentado nos preceitos de liberdade do conhecimento: o caso do Centro de Tecnologia Acadêmica**. In *Liinc Em Revista*, 13(1), 205–222. Disponível em <http://revista.ibict.br/liinc/article/view/3757>
- Piaget, J. (1918). **Recherche**. Lausanne: Édition de La Concode. Disponível em http://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/textes/VE/JP_18_Recherche.pdf.
- Piaget, J. (1967). **O Raciocínio na Criança**. Rio de Janeiro: Ed. Record.
- Piaget, J. (1970). **A situação das Ciências do Homem no Sistema das Ciências**. Lisboa: Livraria Bertrand.
- Piaget, J. (1973). **Problemas de Psicologia Genética**. Rio de Janeiro: Ed. Forense.
- Piaget, J. (1976). **A equilibração das estruturas cognitivas: problema central do desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- Piaget, J. (1977). **A tomada de consciência**. São Paulo: Melhoramentos.
- Piaget, J. (1989). **A linguagem e o pensamento da criança**. São Paulo: Martins Fortes.
- Piaget, J. (1979). **O Estruturalismo**. São Paulo: DIFEL - Difusão Editorial S.A.
- Piaget, J. (1995). **Abstração Reflexionante - Relações Lógico-Aritméticas e Ordem das Relações Espaciais**. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Piaget, J., & Greco, P. (1974). **Aprendizagem e Conhecimento**. Rio de Janeiro: Ed. Freitas Bastos.
- Roldán, J. J., Joossen, G., Sanz, D., Cerro, J. del, & Barrientos, A. (2015). **Mini-UAV Based Sensory System for Measuring Environmental Variables in Greenhouses**. *Sensors*, 3334–3350. <https://doi.org/10.3390/s150203334>
- Sánchez, F. Á. B. & Guzmán, A. F. (2012). **La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales**. EKS - Education in The Knowledge Society. Disponível em <http://revistas.usal.es/index.php/revistatesi/article/view/9002>

- Santos, E. R., Soares, G., Dal Bianco, G. Rocha Filho, J. B. & Lahm, R. A. (2016). **Estímulo ao Pensamento Computacional a partir da Computação Desplugada: uma proposta para Educação Infantil**. In RELATEC Revista Latinoamericana de Tecnologia Educativa. v. 15 (99 – 112). Disponível em <https://relatec.unex.es/article/view/2584/1929>.
- Sayão, L. F., Sales, L.F. (2015) **Guia de Gestão de Dados de Pesquisa para Bibliotecários e Pesquisadores**. Rio de Janeiro. Comissão Nacional de Energia Nuclear.
- Silva, V., Souza, A., & Morais, D. (2016). **Pensamento Computacional no Ensino de Computação em Escolas**: Um relato de Experiência de Estágio em Licenciatura em Computação em Escolas Públicas. CTRL+e Congresso Regional Sobre Tecnologias Na Educação.
- Silveira, S. A. da,. (2010). **Ciberativismo, cultura hacker e o individualismo colaborativo**. In REVISTA USP, São Paulo, n.86, (28-39).
- Tarouco, L. M. R., Abreu, C. S., Alves, E. (2017) **Mídias na Educação: A pedagogia e a tecnologia subjacentes**. In Mídias na Educação: A pedagogia e a tecnologia subjacentes. Organizadoras Tarouco, L. M. R, Abreu, C. S. Porto Alegre. Editora Evangraf / Criação Humana.
- Thiry-Cherques, H.R. (2009) **A validade da generalização**. In Cad. EBAPE.BR, Rio de Janeiro, vol.7,no.4.
- Wing, J. M. (2006). **Computational Thinking**. In Communications of the ACM Vol. 49, No. 3 (33–35). Disponível em <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/usr/wing/www/publications/Wing06.pdf> .
- Wing, J. M. (2017). **Computational thinking's influence on research and education for all**. In Italian Journal of Educational Technology, V. 25. No. 2, (7-14).
- WIKIPEDIA (2016). Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Algoritmo>. Acesso em 15/09/2016. Versão <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Algoritmo&oldid=46658163>.
- Zanetti, H. A. P., & Oliveira, C. L. V. (2015). **Prática de ensino de Programação de Computadores com Robótica Pedagógica e aplicação de Pensamento Computacional**. In Anais dos Workshops do IV Congresso Brasileiro de Informática na Educação.
- Zapata-Ros, M. (2015). **Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital** RED - Revista de Educación a Distancia.
- Zigliara, L. (2014). **Apprendre par l'expérience : une éducation tout au long de la vie**. La Recherche En Éducation, 73–82.

APÊNDICE A

Instruções de como documentar o hiperobjeto

COMO FAZER A DOCUMENTAÇÃO DOS HIPEROBJETOS DESENVOLVIDOS

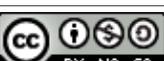
Existem diferentes tipos de licenças permissivas e se pode optar por qualquer uma delas. O que não pode é divulgar sem a licença. Abaixo, sugestões de licenças *Creative Commons*.

TÍTULO: Usar um título que descreva realmente o objeto. Pode ser um nome artístico seguido dessa descrição.

CARACTERÍSTICAS: Uma definição sucinta do que se trata.

LICENÇA: Sob que licença vai ser disponibilizado na internet?

Exemplo: *Está sob licença* (...basta colocar a imagem da licença....) (Veja exemplos de licenças no quadro abaixo)

EXEMPLOS DE IDENTIFICAÇÃO DA LICENÇA PROPOSTA		
Imagem	Sigla	Definição
	CC0	Todo liberado, sem restrições.
	CC-BY	Liberado, mas deve citar o autor.
	CC-BY-SA	Liberado, mas deve atribuir o autor e compartilhar com licença igual, sem alterações.
	CC-BY-NC	Liberado, com atribuição do autor e não comercial.
	CC-BY-ND	Liberado, com atribuição do autor e sem derivações.
	CC-BY-NC-SA	Liberado, com atribuição do autor, não comercial e sem alterações.
	CC-BY-NC-ND	Liberado, com atribuições do autor, não comercial e sem derivações.

MAIS DETALHES DAS LICENÇAS:

Atribuição (BY) - Os licenciados têm o direito de copiar, distribuir, exibir e executar a obra e fazer trabalhos derivados dela, desde que sejam dados os créditos devidos ao autor ou licenciador, na maneira especificada por este.

Compartilha Igual (SA) - Os licenciados devem distribuir as obras derivadas somente sob uma licença idêntica à que governa a obra original.

Não Comercial (NC) - Os licenciados podem copiar, distribuir, exibir e executar a obra e fazer trabalhos derivados dela, desde que sejam para fins não-comerciais.

Sem Derivações (ND) - Os licenciados podem copiar, distribuir, exibir e executar apenas cópias exatas da obra, não podendo criar derivações da mesma.

DESCRIÇÃO: Descrever, com detalhes, como foi feita a obra. Incluir:

Materiais e componentes: Listagem. Pode incluir imagens (desenhos ou fotos)

Como construir: Descrição passo-a-passo. Incluir fotos, vídeos.

Arquivos digitais: Inserir todos os arquivos da programação e das imagens digitais.

OBS: A descrição, quanto mais detalhada, melhor. Vale se inspirar em alguns sites já existentes.

REFERÊNCIAS:

<https://freedomdefined.org/Licenses>

<https://opensource.org/licenses/>

https://creativecommons.org/licenses/?lang=pt_BR

<http://www.instructables.com/>

APÊNDICE B

Atividades práticas iniciais com Arduino, como base para desenvolvimento posterior dos hiperobjetos.

PRÁTICA 1 – CURSO 1

Sensor Óptico Reflexivo

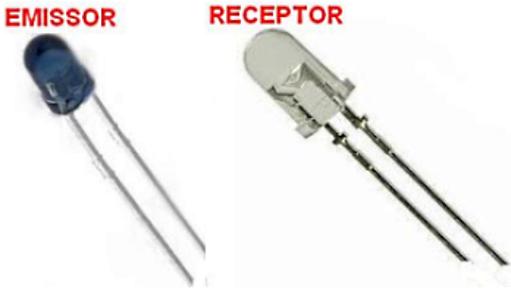
Introdução teórica:

Sensor Óptico Reflexivo:

Os sensores ópticos reflexivos são constituídos por duas partes que podem vir acopladas ou não. Essas duas partes são um LED emissor de raios infravermelhos e um fototransistor receptor desses raios. Normalmente usados como sensor de posição, a partir da emissão de ondas de luz infravermelha, não visível ao olho humano. Esse tipo de sensor detecta material reflexivo diferenciando, por exemplo, a cor branca da cor preta. Por essa razão, são muito usados em robôs seguidores de linha. Mas seu uso se estende, de interruptor de limites para movimentos mecânicos até para interação com instrumentos musicais eletrônicos.

Sensor óptico reflexivo TCRT5000

O sensor óptico reflexivo TCRT5000 (veja figura 01) é um sensor reflexivo que inclui um emissor infravermelho e um fototransistor em uma embalagem que bloqueia a luz entre eles, assim como a luz visível. Mas é comum adquirir e usar o emissor e o receptor separadamente afastados, sem estarem acoplados numa embalagem. Isso pode ser observado na figura 02.

 <p>O receptor é o azul claro e o emissor é o preto.</p>	 <p>Par emissor de Infravermelho TIL32 e receptor TIL78</p>
<p>Fig. 01: Sensor Reflexivo TCRT5000 Fonte: http://www.institutodigital.com.br/pd-121fa4-sensor-optico-reflexivo-tcrt5000.html</p>	<p>Fig. 02: Par Emissor e Receptor TIL que, juntos, formam um sensor reflexivo Fonte: https://arduinoobymyself.blogspot.com.br/2013/01/sensor-ir-projetos.html</p>

Temos que ter alguns cuidados com o emissor infravermelho e o receptor. Este exige um resistor de valor alto, na ordem de 10 quilohms, para não queimar. E quando estamos trabalhando com um par emissor TIL, emissor e receptor separados, esses podem vir em diferentes cores de encapsulamento. Logo, é preciso ter cuidado para reconhecer quem é o emissor e quem é o receptor,

Para o receptor, polarize com um resistor de 10K ohms e verifique, com o multímetro, se a tensão no terminal de saída varia conforme você vai fazendo "sombra" no componente (use o emissor para gerar o infravermelho ou até mesmo a luz do sol).

Para o emissor, polarize com um resistor de 330 ohms e verifique com uma câmera fotográfica, se ele está "acendendo". O uso da câmera fotográfica é necessária, porque o infravermelho não é luz visível.

Materiais:

- 1 arduino
- 1 protoboard
- 1 sensor óptico reflexivo TCRT5000
- Jumpers
- Resistor de 100 ohms
- Resistor de 330 ohms
- Resistor de 10000 ohms
- 1 LED

Procedimentos:

Parte1 - Realize a montagem na protoboard, conforme figura 03.

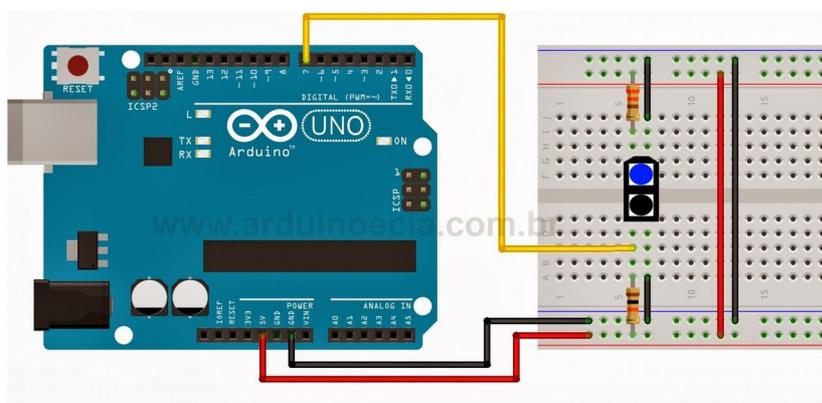


Fig. 03 – Montagem do sensor óptico reflexivo na protoboard e arduino.

Nesse primeiro momento será feito a leitura na porta serial dos valores registrados pelo sensor TCRT5000. Para isso, você pode programar o IDE do Arduino da seguinte maneira:

```
int Linha = 0;
void setup()
{
  pinMode(7, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  Linha = digitalRead(7);
  if (Linha == 0)
  {
    Serial.println("Linha: Detectada");
  }
  else
  {
    Serial.println("Linha:      ");
  }
}
```

Carregue o programa no Arduino, abra o serial monitor e aproxime uma folha de papel branco com uma linha preta (ou objetos pretos) até que o objeto seja detectado. No serial monitor, vai aparecer "Linha Detectada", quando nenhuma luz refletida retornar para o receptor.


```
int sinalparaoled = 8; //Pino do led
int pinosensor = 7; //Ligado ao pino "coletor" do sensor óptico
int leitura; //Armazena informações sobre a leitura do sensor
int estadoled = 0; //Armazena o estado do led (ligado/desligado)
void setup()
{
  pinMode(sinalparaoled, OUTPUT); //Define o pino do led como saída
  pinMode(pinosensor, INPUT); //Define o pino do sensor como entrada
}
void loop()
{
  //Le as informações do pino do sensor
  leitura = digitalRead(pinosensor);
  if (leitura != 1) //Verifica se o objeto foi detectado
  {
    while(digitalRead(pinosensor) != 1)
    {
      delay(100);
    }
    //Inverte o estado do led (ligado / desligado)
    estadoled = !estadoled;
    //Liga ou desliga o led conforme "estadoled"
    digitalWrite(sinalparaoled, estadoled);
  }
}
```

OBS: Estes exemplos de programação foram obtidos no site www.arduinoecia.com.br

DESAFIOS:

1. Usando a mesma montagem anterior, faça a programação para que o LED fique acesso somente quando o sensor receptor do conjunto óptico reflexivo não estiver recebendo luz.
2. Enumere as possibilidades de uso do sensor óptico reflexivo em projetos de robótica.

Referências:

<https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-motor-shield.pdf>
<http://www.arduinoocia.com.br/2013/10/sensor-optico-reflexivo-tcrt5000.html>
<http://blog.filipeflop.com/sensores/sensor-infravermelho-arduino.html>
<https://arduinobymyself.blogspot.com.br/2013/01/sensor-ir-projetos.html>
<http://www.unorobotica.com.br/docs/seguidor.pdf>
<http://blog.filipeflop.com/motores-e-servos/projeto-robo-seguidor-de-linha-arduino.html>
<http://labdegaragem.com/profiles/blogs/tutorial-carrinho-seguidor-de-linha-que-desvia-de-obstaculos-com->

PRÁTICA 2 – CURSO 1

Controle de dois motores de corrente contínua e três sensores ópticos reflexivos usando drive de motor

Objetivos:

Desenvolver o controle de dois motores usando 3 sensores ópticos reflexivos do tipo TCRT5000 e módulo de drive para motores com 3 L293D Driver Ponte H.

Introdução teórica:

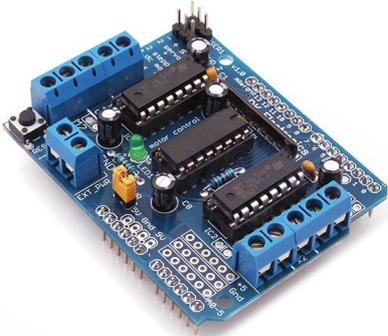
	<p>Controle de motores e respectivas pinagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • motores DC : Pinos 1, 3, 5 e 6 • motores de passo : Pinos 4, 7, 8 e 12 • servo motores : Pinos 9 e 10
--	---

Fig. 01: Shield para motores com 3L293D Driver Ponte H

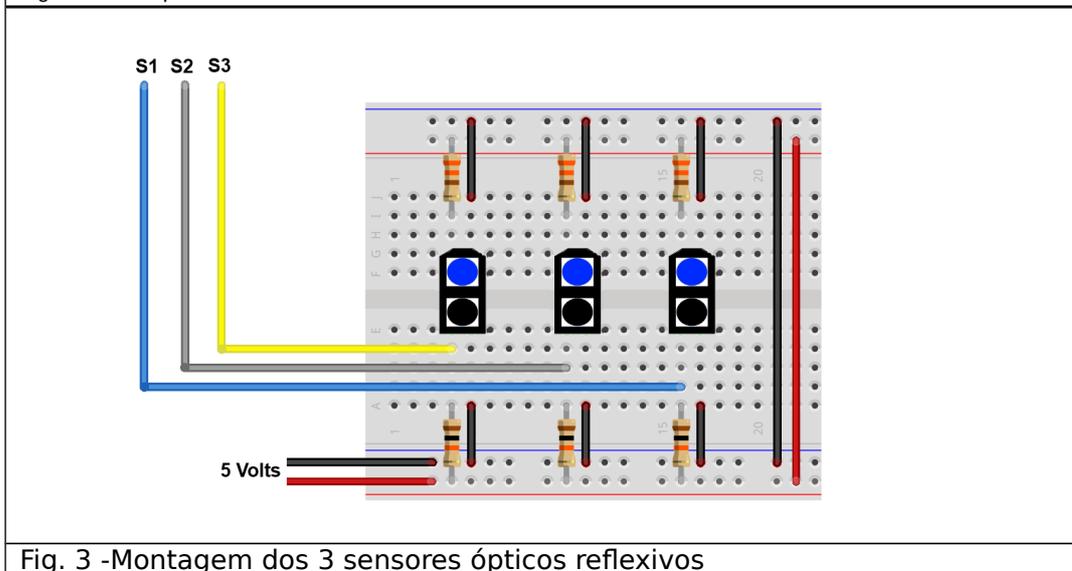


Fig. 3 -Montagem dos 3 sensores ópticos reflexivos

Materiais:

- 1 arduino
- 1 protoboard
- 1 shield controle de motor
- 3 sensores óptico reflexivo TCRT5000
- Jumpers
- Resistores de 330 ohms
- Resistores de 10000 ohms
- Bateria de 9V

Procedimentos :

No esquema abaixo, observe as conexões. Utilize as portas A0, A1 e A2 para ligação dos sensores. O motor da esquerda será ligado ao conector M1, e o motor da direita ao conector M4, utilizando a própria alimentação do Arduino (mantenha o **jumper PWR** na placa).

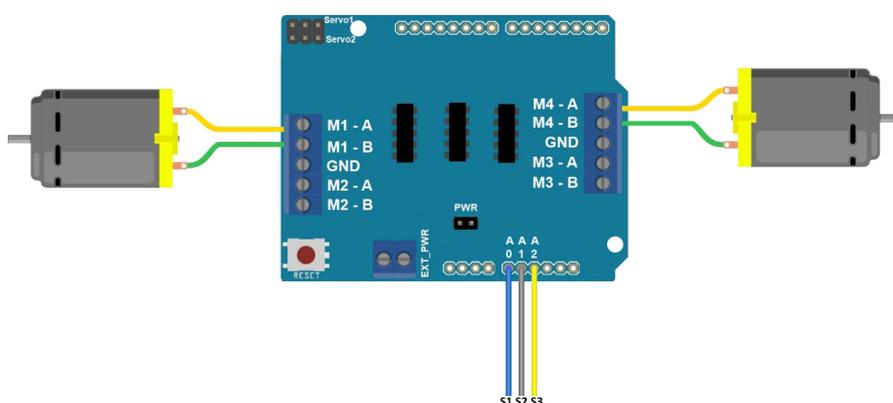


Fig.04 – Esquema de conexão dos motores e sensores ao drive de motor.

Na fig. 03, exposta anteriormente, foi demonstrado a ligação dos sensores em uma protoboard, utilizando resistores de 330 ohms para o led infravermelho (parte superior/azul do sensor), e resistores de 10 K na parte inferior (receptor).

Utilize uma folha com uma linha (faixa) preta e desloque a mesma sobre os sensores e verifique o movimento dos motores.

PROGRAMAÇÃO:

É necessário adicionar uma biblioteca. Nesse caso, adicione as funções da biblioteca AFMotor, responsável por comandar o motor shield. A biblioteca AFMotor pode ser encontrada e instalada seguindo os seguintes passos:

No IDE do Arduino, selecione:

Sketch ▢ Incluir Biblioteca ▢ Gerenciar Bibliotecas

Ao abrir o gerenciador de bibliotecas, digite "Adafruit Motor Shield" no campo de busca e escolha a primeira opção (ou veja nas informações aquela que traz a biblioteca AFMotor). Selecione essa biblioteca e clique em INSTALAR.

Descompacte a pasta, renomeie para **AFMotor**, e coloque essa pasta dentro da pasta **LIBRARIES** do programa (IDE) do seu Arduino. Não esqueça de sair e carregar a IDE novamente para que a biblioteca seja reconhecida pelo programa.

```
//Programa : Motor shield com sensor TCRT5000
//Adaptações : FILIPEFLOP
//
//Baseado no programa original de Michael McRoberts

#include <AFMotor.h>
AF_DCMotor motor_esq(1); //Seleciona o motor 1
AF_DCMotor motor_dir(4); //Seleciona o motor 4
int SENSOR1, SENSOR2, SENSOR3;
//deslocamentos de calibracao
int leftOffset = 0, rightOffset = 0, centre = 0;
//pinos para a velocidade e direcao do motor
int speed1 = 3, speed2 = 11, direction1 = 12, direction2 = 13;
//velocidade inicial e deslocamento de rotacao
int startSpeed = 70, rotate = 30;
//limiar do sensor
int threshold = 5;
```

```
//velocidades iniciais dos motores esquerdo e direito
int left = startSpeed, right = startSpeed;
//Rotina de calibracao do sensor
void calibrate()
{
  for (int x=0; x<10; x++) //Executa 10 vezes para obter uma media
  {
    delay(100);
    SENSOR1 = analogRead(0);
    SENSOR2 = analogRead(1);
    SENSOR3 = analogRead(2);
    leftOffset = leftOffset + SENSOR1;
    centre = centre + SENSOR2;
    rightOffset = rightOffset + SENSOR3;
    delay(100);
  }
  //obtem a media para cada sensor
  leftOffset = leftOffset /10;
  rightOffset = rightOffset /10;
  centre = centre / 10;
  //calcula os deslocamentos para os sensores esquerdo e direito
  leftOffset = centre - leftOffset;
  rightOffset = centre - rightOffset;
}
void setup()
{
  calibrate();
  delay(3000);
}
void loop()
```

```
{  
  //utiliza a mesma velocidade em ambos os motores  
  left = startSpeed;  
  right = startSpeed;  
  //le os sensores e adiciona os deslocamentos  
  SENSOR1 = analogRead(0) + leftOffset;  
  SENSOR2 = analogRead(1);  
  SENSOR3 = analogRead(2) + rightOffset;  
  //Se SENSOR1 for maior do que o sensor do centro + limiar,  
  // vire para a direita  
  if (SENSOR1 > SENSOR2+threshold)  
  {  
    left = startSpeed + rotate;  
    right = startSpeed - rotate;  
  }  
  //Se SENSOR3 for maior do que o sensor do centro + limiar,  
  // vire para a esquerda  
  if (SENSOR3 > (SENSOR2+threshold))  
  {  
    left = startSpeed - rotate;  
    right = startSpeed + rotate;  
  }  
  //Envia os valores de velocidade para os motores  
  motor_esq.setSpeed(left);  
  motor_esq.run(FORWARD);  
  motor_dir.setSpeed(right);  
  motor_dir.run(FORWARD);  
}  
  
// OBS: Essa programação foi obtida do site https://www.filipeflop.com/blog/projeto-robo-seguidor-de-linha-arduino/
```

Atividades a partir da prática inicial:

Coloque um terceiro motor(DC, passo ou servo-motor) nesse mesmo drive.
Como fica a programação?

Referências:

<https://www.filipeflop.com/blog/projeto-robo-seguidor-de-linha-arduino/>

<http://www.arduinoocia.com.br/2014/07/arduino-motor-shield-l293d.html>

<http://binarycodeec.blogspot.com.br/2013/09/robo-seguidor-de-linha-com-arduino.html>

<https://www.robocore.net/tutoriais/robo-seguidor-de-linha.html>

<https://arduinobymyself.blogspot.com.br/2013/01/sensor-ir-projetos.html>

<http://blog.filipeflop.com/motores-e-servos/projeto-robo-seguidor-de-linha-arduino.html>

<http://labdegaragem.com/profiles/blogs/tutorial-carrinho-seguidor-de-linha-que-desvia-de-obstaculos-com->

PRÁTICA 1 – CURSO 2

Sensor de distância - parte 1

Introdução teórica: Sensor de distância

Sensores são dispositivos eletrônicos que fazem leituras do meio ambiente. Podem ser dos mais diferentes tipos. O sensor usado na presente prática é o sensor **ultrassônico de distância HC-SR04**. Veja figura 01.

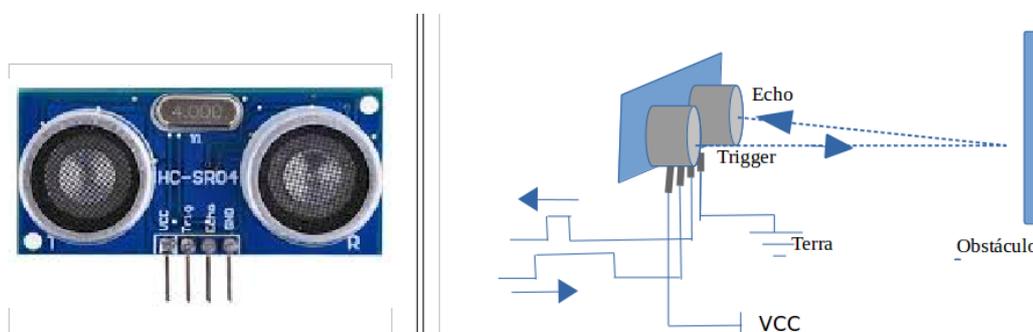


Fig.01 – Sensor Ultrassônico e esquema do funcionamento.

O sensor ultrassônico emite som, numa sequência de pulsos, pelo emissor chamado de “Trigger”. Esse mesmo pulso ultrassônico retorna após colidir com um obstáculo e é captado pelo “Echo”, conforme mostrado na figura 02. Esses pulsos percorrem uma distância de ida e volta num certo intervalo de tempo. Sendo a velocidade do som no ar igual a 340 m/s (aproximadamente) e conhecendo-se o intervalo de tempo do som ir e voltar, pode-se calcular a distância usando $v = d/t$ ou $d = v \cdot t$. OBS: O tempo é dividido por 2, considerando que queremos saber apenas a distância de ida (ou de volta) e não a distância total percorrida.

Materiais:

- 1 arduino
- 1 sensor de distância
- 1 protoboard
- jumpers

Procedimentos :

1. Montar o circuito conforme o esquema fornecido na figura 2. Os quatro pinos do sensor ultrassônico devem ser ligados da seguinte maneira, no Arduino, utilizando a protoboard:
 - Vcc → no 5V do Arduino;
 - Trig → no pino 8;
 - Echo → no pino 9;
 - Gnd → no Gnd.

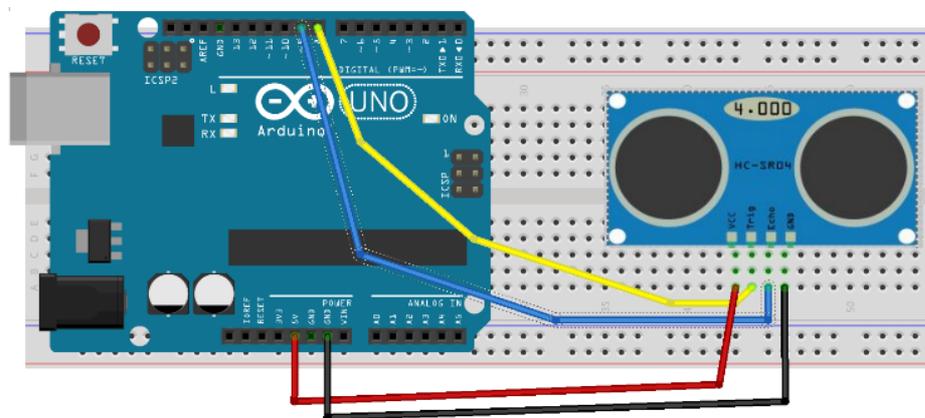


Fig. 1-Conexões Arduino e sensor ultrassônico

2. Abra o ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino (IDE) e faça a programação que segue:

```

/* Este código é para uso com sensor de distância e leitura na porta serial do Arduino*/
#define PinTrig 8    //Pino 8 envia o pulso para gerar o echo
#define PinEcho 9   //Pino 9 recebe o pulso do echo

void setup()
{
  Serial.begin(9600);          // inicia a porta serial
  pinMode(PinTrig, OUTPUT);   // define o pino 8 como saída
  pinMode(PinEcho, INPUT);    // define o pino 9 como entrada
}

```

```

void loop()
{
  digitalWrite(PinTrig, LOW);           //pino 8 desligado
  delayMicroseconds(2);                 //espera 2 microssegundos
  digitalWrite(PinTrig, HIGH);          //pino 9 ligado
  delayMicroseconds(10);                //espera 10 microssegundos
  digitalWrite(PinTrig, LOW);           //pino 8 desligado

  long percurso = pulseIn(PinEcho,HIGH); //pulseIn lê o tempo entre duas emissões sonoras
  long distancia = percurso /29 / 2 ;    //Esse calculo é baseado em v = d/t, dividido por 29
                                          //para apresentar as medidas em centímetros.
                                          //Lembrando que o tempo é dividido por 2 porque o
                                          //tempo medido é o tempo de ida e volta do ultrassom

  Serial.print("Distância em cm: ");    // a porta serial vai mostrar a distância em cm
  Serial.println(distancia);            // os valores serão colocados um abaixo do outro (println)
  delay(100);                           //espera 0,1 segundo para fazer a leitura novamente
}

```

3. Conecte o Arduino com o computador, através de cabo USB. Verifique se o código está correto clicando no botão Verificar (**verific**) e, em seguida, passe o código (faça o **upload**) para o Arduino.



4. Abra o **Serial Monitor**, clicando no ícone à direita e acima, no IDE do Arduino. Abre-se uma janela onde se visualiza as medidas feitas pelo sensor de distância.



Serial monitor

5. Aproxime e afaste um obstáculo do sensor ultrassônico e observe, no serial monitor, as distâncias do sensor ao obstáculo.

6. PERGUNTAS:

1. Que você descobriu com essa prática?

2. Como foi medido o tempo do percurso? Com que instrumento? Essa é pra pensar!!!! 😊

3. Essas medidas, em cm, são reais? Conferem com uma medida usando régua?

4. Que ideias você tem para usar esse sensor em projetos específicos? Liste-as:

5. Que dificuldades foram encontradas durante a prática?

REFERÊNCIAS:

Bastos, T. F., Abreu, J.M.M., Ceres, R. **Uso de sensores ultra-sônicos na medição de parâmetros em robótica e outras aplicações.** In Revista Controle e Automação. Instituto de Automática Industrial. Espanha. Disponível em <http://www.sba.org.br/revista/volumes/v3n1/v3n1a06.pdf>.
<https://portal.vidadesilicio.com.br/hc-sr04-sensor-ultrassonico/>
<https://www.arduinoocia.com.br/2014/04/sensor-de-estacionamento-re-com-arduino.html>
<https://playground.arduino.cc/Portugues/Learning>

PRÁTICA 2 – CURSO 2

Controle de motores com drive L298N

Introdução teórica: Abaixo um pouco de informações a respeito do material que usarão nesta experimentação.

Motores CC (ou DC) - Motores são atuadores mais característicos da robótica. Os motores de corrente contínua (CC) ou motores DC (*Direct Current*), como também são chamados, nos permitem a movimentação de peças, por exemplos rodas ou assemelhados (carrocel, drives de CD no computador, etc) num mecanismo robótico. Se você quer saber como funciona um motor CC, com detalhes, incentivo a pesquisar no site de Newton Braga¹⁸, Citisystems¹⁹ e outros que desejar. Alguns exemplos de motores CC podem ser observados abaixo:



Fig. 01 – Exemplos de motores de corrente contínua

Drive de motores – Entre outras possibilidades de controlar o sentido de rotação de um (ou dois) motores, apresentamos o drive L298N (veja figura 02). Este dispositivo eletrônico facilita o trabalho com motores, porque já tem todos componentes eletrônicos conectados de forma a ser o mais eficiente possível. Basta fazer as conexões conforme indicado nas figuras 03.

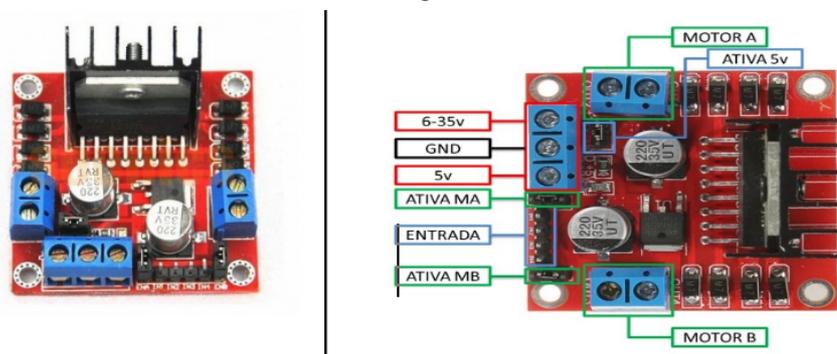
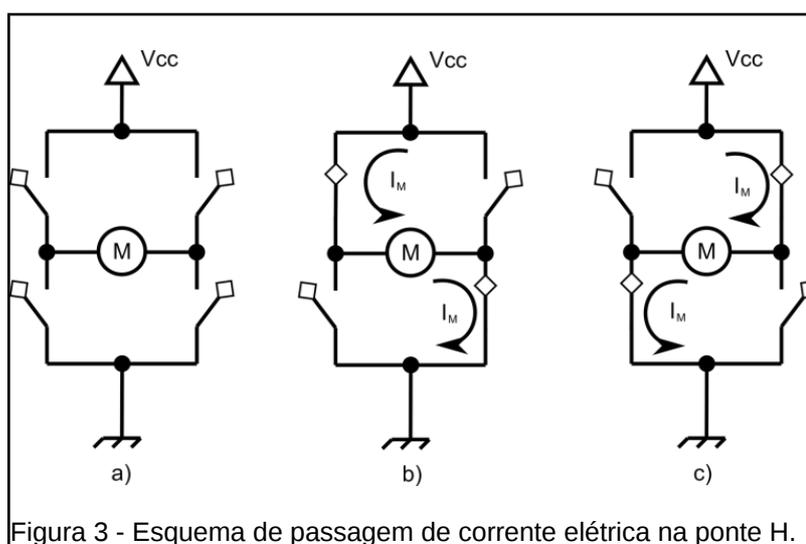


Fig.02 – Drive de motor L298N com indicadores de conexões

¹⁸Newton Braga - <http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/3414-art476a>

¹⁹Citisystems - <https://www.citisystems.com.br/motor-cc/>

O drive apresentado contém uma **ponte H** num CI (circuito integrado). Mas o que é ponte H? São ligações em forma de H, que permite inverter o sentido da corrente elétrica apenas abrindo ou fechando poucos contatos. Ao inverter o sentido de corrente elétrica, inverte-se o sentido de movimento do motor ou outro dispositivo que estiver a ele ligado. Veja figura 03, um esquema de funcionamento de uma ponte H.



E CI (Circuito integrado)? Do que se trata?

Circuito integrado (CI, microchip ou chip) são circuitos elétricos miniaturizados e encapsulados, de forma a facilitar as conexões em diferentes materiais, como uma protoboard, por exemplo. Existem uma infinidade de CI. Cada CI tem sua função e conexões específicas e isso pode ser entendido consultando seu **datasheet** que é um documento que apresenta todos os dados e as características de um equipamento ou produto. No caso dos



CI, ao acessar seu datasheet, sabe-se para que serve, Figura 4 - CI L298N como é sua constituição interna (seu circuito elétrico) e todas as conexões internas e externas que pode estabelecer. O CI que é a “alma” desse drive de motor é o L298N

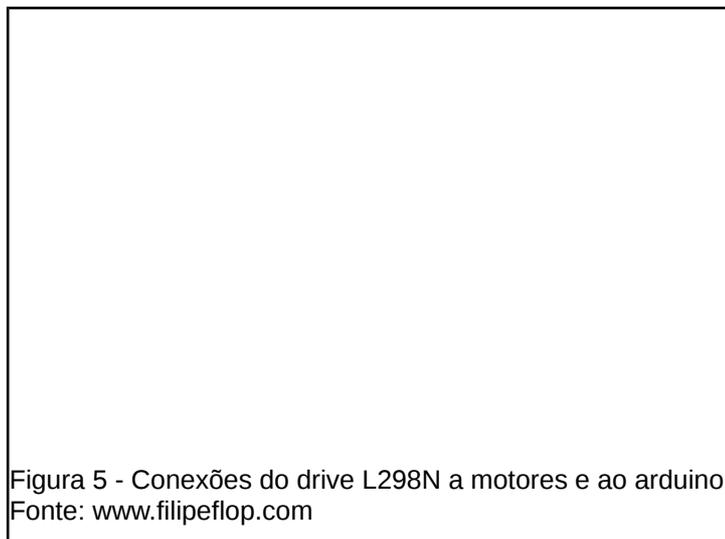
cujo *datasheet*²⁰ é disponibilizado pelo fabricante. Na figura 4, a imagem do CI L298N.

Materiais:

- 1 arduino
- 1 drive de motor L298N
- 2 motores CC
- jumpers
- 4 pilhas AA e um suporte para pilhas ou 1 bateria de 9V

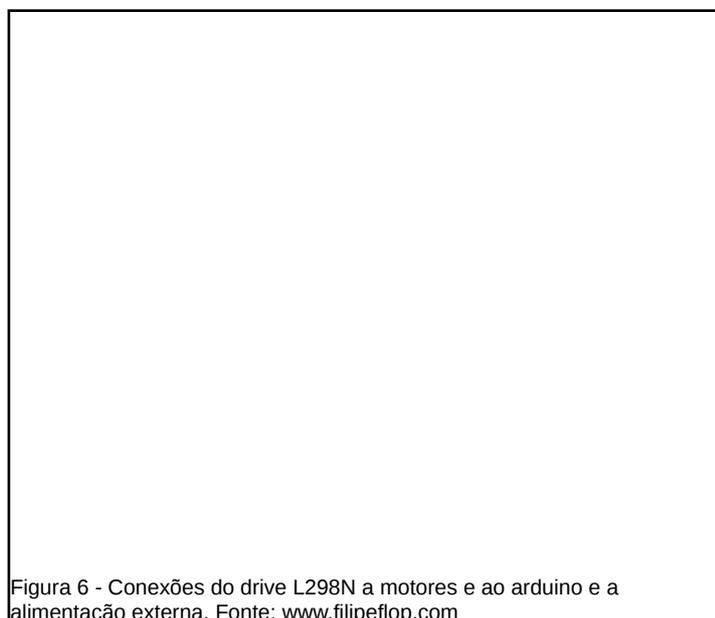
Procedimentos :

1. Faça as conexões com o Arduino e motores, conforme esquema apresentado na figura 5. Para testar enquanto estiver conectado ao computador, retire o jumper, conforme mostrado na figura 5. Este jumper deve ser recolocado quando o mecanismo mecatrônico estiver desconectado do computador e passa a receber energia de uma fonte externa, como pilhas, baterias ou outra fonte de alimentação.



²⁰ Data sheet do L298N pode ser encontrado em https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298_H_Bridge.pdf

Quando alimentado por fonte externa, recoloque o *jumper*, conforme figura 6.



1. Abra o ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino (IDE) e faça a programação que segue. Essa programação foi retirada do site de Filipeflop. Ver em: <https://www.filipeflop.com/blog/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n/>

```

//Autor : FILIPEFLOP

//Definicoes pinos Arduino ligados a entrada da Ponte H
int IN1 = 4;
int IN2 = 5;
int IN3 = 6;
int IN4 = 7;

void setup()
{
  //Define os pinos como saida
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(IN4, OUTPUT);
}

void loop()
{
  //Gira o Motor A no sentido horario
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  delay(2000);
  //Para o motor A
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  delay(500);
  //Gira o Motor B no sentido horario
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
  delay(2000);
  //Para o motor B
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, HIGH);
  delay(500);

  //Gira o Motor A no sentido anti-horario
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  delay(2000);
  //Para o motor A
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  delay(500);
  //Gira o Motor B no sentido anti-horario
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, HIGH);
  delay(2000);
  //Para o motor B
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, HIGH);
  Delay(500);
}

```

2. Passe o código para o Arduino e verifique o funcionamento dos motores.

3. PERGUNTAS:

1. Que você descobriu com essa prática?
2. O que você entende por sentido da corrente elétrica?
3. Como fica a programação dos dois motores, se você imaginar o seguinte: Esses motores estão movimentando as 2 rodas de um carro mecatrônico de 4 rodas. As outras duas são apenas de apoio. O objetivo é que o carro ande para frente por 2 segundos, pare, retorne por 1 segundo, vire para a direita por 0,2 segundos e ande para a frente por 3 segundos. OBS: Primeiro estabeleça um algoritmo fora do IDE e só depois faça as alterações no ambiente de desenvolvimento do Arduino.
4. Que ideias você tem para usar 1 motor e o drive de motor? Liste-as:
5. Que ideias você tem para usar 2 motores e o drive de motor? Liste-as:
6. Que dificuldades foram encontradas durante a prática?

REFERÊNCIAS:

https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298_H_Bridge.pdf
<https://www.filipeflop.com/blog/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n/>
<https://portal.vidadesilicio.com.br/driver-motor-com-ponte-h-l298n/>
<https://hackerstore.nl/PDFs/Tutorial298.pdf>
<http://blog.usinainfo.com.br/inversao-de-motores-com-o-driver-controlador-l298n-ponte-h/>
<https://www.arduinoocia.com.br/2014/08/ponte-h-l298n-motor-de-passo.html>

PRÁTICA 3 – CURSO 2

Exercício: Interpretação de um Código Controle de Motores

Interprete o código abaixo e descreva, com suas palavras, o algoritmo a que se refere essa programação.

```
/*Essa programação refere-se ao movimento de dois motores*/
int IN1 = 2 ;           //motor_A
int IN2 = 4 ;           //motor_A
int IN3 = 6 ;           //motor_B
int IN4 = 7 ;           //motor_B

void setup(){
  pinMode(IN1,OUTPUT);  //Inicializa pino 2 como saida
  pinMode(IN2,OUTPUT);  //Inicializa pino 4 como saida
  pinMode(IN3,OUTPUT);  //Inicializa pino 6 como saida
  pinMode(IN4,OUTPUT);  //Inicializa pino 7 como saida
}

void loop(){
  digitalWrite(IN1,HIGH);
  digitalWrite(IN2,LOW);
  digitalWrite(IN3,HIGH);
  digitalWrite(IN4,LOW);

  delay (1000);

  digitalWrite(IN1,LOW);
  digitalWrite(IN2,LOW);
  digitalWrite(IN3,LOW);
  digitalWrite(IN4,LOW);
  delay (500);
}
```

Faça upload (passe o código para o Arduino) e verifique se a sua interpretação está correta.

1. PERGUNTAS:

1. O que é um algoritmo?

2. Os códigos que aparecem em vermelhos são palavras características da linguagem C++ e não podem ser alterados. Por quê?

2. Faça alterações no código de forma que, em *looping*, um motor gire para um lado e outro gire para outro lado, durante 2 segundos. Pare por 3 segundos.

3. Faça alterações no código de forma que, em *looping*, um motor gire para um lado e outro gire para outro lado, durante 0,5 segundos. Pare por 1 segundo. Girem no mesmo sentido por 4 segundos. Pare por 2 segundos. Esse código pode ser aplicado? Em que situações? Se for aplicado num carrinho, o que acontece com o movimento do carrinho?

4. Que outras ideias você tem para usar 1 motor, um drive de motor e um sensor de distância? Acrescente-as à lista anterior.

5. Que outras ideias você tem para usar 2 motores, um drive de motor e um sensor de distância? Acrescente-as a lista anterior.

6. Que dificuldades foram encontradas durante esse exercício?

7. Que você aprendeu que merece destaque ser registrado?

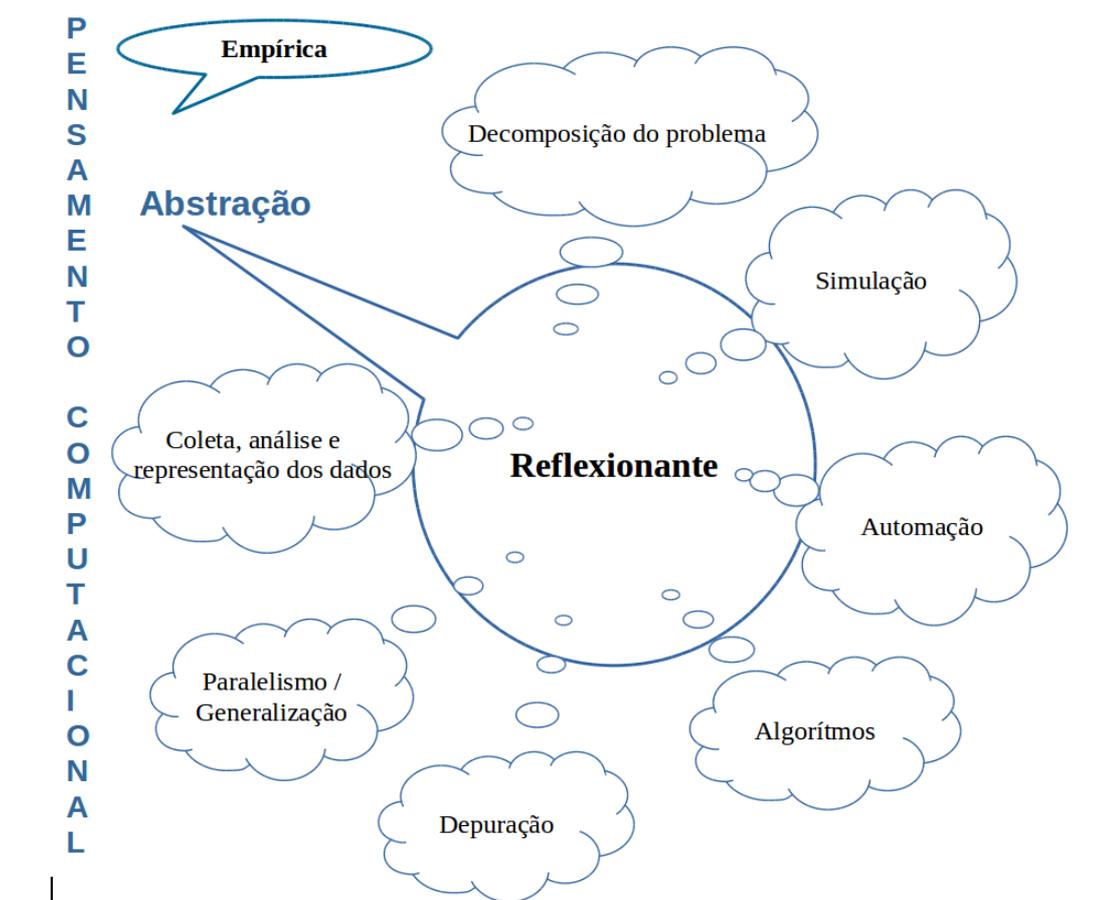
Apêndice D

Pensamento Computacional: Conceito e habilidades

PENSAMENTO COMPUTACIONAL

Conceitos e habilidades

Forma de pensamento direcionado a resolver problemas, usando máquinas digitais ou, simplesmente, pensando como uma máquina resolveria um determinado problema complexo. Essa forma de pensamento se originou na Ciência da Computação e se ampara profundamente na abstração, mais precisamente, na abstração reflexionante, que consiste em experienciar e sujeitar toda organização, síntese e análise à crítica do pensamento reflexivo.



Um pouco mais sobre as habilidades do pensamento computacional:

- **Coleta, análise e representação dos dados** – reunião de dados de forma apropriada, análise objetiva e coerente e organização por meio de tabelas, gráficos, desenhos, esquemas, palavras ou qualquer método disponível.
- **Decomposição de problemas** – divisão em problemas menores e, portanto, de mais fácil resolução.
- **Abstração** – a reflexão sobre os dados e a consequente elaboração do conhecimento sobre o fato.
- **Algoritmos** – desenvolvimento de uma série lógica e organizada de passos a serem seguidos.
- **Automação** – utilização de computadores/máquinas para tarefas repetitivas.
- **Simulação** – representação ou modelagem de um processo ou produto.
- **Depuração** – aplicação sistemática de pensamento lógico, testes ou rastreamento para avaliar e prever resultados.
- **Paralelismo e generalização** – utilização do mesmo processo para resolução de uma ampla variedade de problemas semelhantes.

ANEXO A

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(menores de 18 anos)

Eu, _____, RG nº _____ e telefone de contato número _____, abaixo-assinado, concordo de livre e espontânea vontade que _____, doravante chamado de **participante**, nascido(a) em ___/___/___, pelo(a) qual sou responsável, participe de um estudo denominado _____, cujo objetivo é estudar o desenvolvimento cognitivo dos participantes em projetos envolvendo _____.

O participante, no referido estudo será no sentido de realizar as atividades de criação propostas, registrar o andamento destas atividades e conceder entrevistas ou responder testes e questionários que se façam necessários para a pesquisa. Fui alertado de que o participante poderá ser fotografado e filmado durante a execução das atividades de robótica educacional e durante os diálogos com o pesquisador. Estou ciente de que a privacidade do mesmo será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, o identificar, será mantido em sigilo.

Estou ciente também de que o risco desta pesquisa é mínimo. Pode acontecer de que o participante venha a se sentir frustrado caso não se observe resultado após a realização das atividades propostas. Por outro lado, sei também de que, ao participar desta pesquisa, o participante será beneficiado pelas atividades propostas, as quais visam o desenvolvimento de mecanismos cognitivos importantes para os processos de construção do conhecimento.

Também fui informado de que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e de que, por desejar sair da pesquisa, o participante não sofrerá nenhum prejuízo à assistência que esteja recebendo. A pesquisadora responsável pelo referido projeto é _____, aluna de doutorado do PPGIE - UFRGS e com a qual poderei manter contato pelo e-mail _____.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da participação. Tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu consentimento, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por sua participação.

Porto Alegre, _____ de _____ de 20__

Assinatura do responsável pelo sujeito da pesquisa

Assinatura da pesquisadora responsável

ANEXO B

Provas de Longeot e manuais de aplicações

MANUAL DA PROVA T.O.F.L.P (LONGEOT)

Adaptação de M.Chadwick e E.Orellana
Tradução Borges, K.S²¹ e Castilho, M.I²²

Objetivos

Determinar o nível de desenvolvimento das operações formais em relação a lógica das proposições.

Materiais

- Manual da Prova TOFLP.
- Um protocolo que inclui seis raciocínios de estrutura operatória concreta e sete problemas de estrutura operatória formal.
- Uma folha de respostas TOFLP.

Técnica da Aplicação

- Se distribuem os cadernos de perguntas e as folhas de resposta.
- Se pede aos sujeitos para anotarem seus dados nas folhas de respostas.
- Se lê as instruções para o primeiro raciocínio.
- Se pergunta se existem dúvidas sobre o que foi lido.
- Se explica a forma de anotar a resposta na folha de respostas, marcando a opção escolhida.

Critérios de Correção

- Este teste é puramente experimental e a interpretação dos resultados deve ser feita com muita prudência.
- Se atribui um ponto por raciocínio exato e um ponto por problema inteiramente exato, com as conclusões corretas.
- Não se contam o primeiro raciocínio, nem o primeiro problema, pois estes servem de exemplo.
- Pontuação máxima de 11 pontos.

21borges.karen@gmail.com

22minescastilho@gmail.com

TOFLP

Raciocínios	Estrutura Operatória	Operação lógica necessária	Respostas corretas
1	Concreta	Composição transitiva de classes (exemplo)	A
2	Concreta	Composição transitiva de relações	B
3	Concreta	Composição transitiva de classes	A
4	Concreta	Reversibilidade da inclusão da parte no todo	A
5	Concreta	Reversibilidade das relações recíprocas	A
6	Concreta	Reversibilidade das relações recíprocas	A

Problemas	Estrutura Operatória	Operação lógica necessária	Respostas corretas
1	Formal A	Mecanismo de implicação (exemplo)	A e C
2	Formal A	Mecanismo de negação ou de inversão da disjunção da implicação	A e D
3	Formal A	Mecanismo da equivalência e da alternativa exclusiva	A e C
4	Formal B	Mecanismo de implicação	B e C
5	Formal A	Mecanismo de negação ou de inversão da disjunção da implicação	B e C
6	Formal B	Mecanismo de implicação	A e C
7	Formal A	Mecanismo da equivalência e da alternativa exclusiva	B e D

Níveis de desenvolvimento :

Pontos

0 - 5

6 – 8

9 – 11

Estágio Operatório

Concreto superior

Formal inferior ou Formal A

Formal superior ou Formal B. Êxito nos problemas 4 e 6, que requerem não confundir implicação e equivalência

PROVA 1

PROVA DE OPERAÇÕES FORMAIS – A LÓGICA DE PROPOSIÇÕES

EXEMPLO: PRIMEIRO RACIOCÍNIO

1. Os mamíferos são animais vertebrados.
2. Os vertebrados são animais .

A partir destas duas afirmações é possível estabelecer conclusões. Das 3 conclusões apresentadas, somente uma esta correta. Identifique esta opção e registre sua escolha na folha de respostas.

CONCLUSÕES:

- Os mamíferos são animais <- Correta
- Os mamíferos não são animais.
- Nada se pode afirmar.

Leia os raciocínios que seguem e identifique a conclusão correta. Marque a letra correspondente na folha de respostas.

SEGUNDO RACIOCÍNIO:

- Armando é mais ágil do que Bernardo.
- Bernardo é mais ágil do que Daniel.

CONCLUSÕES:

- A) Das três crianças, Bernardo é o mais ágil.
- B) Das três crianças, Armando é o mais ágil.
- C) Nada se pode afirmar.

TERCEIRO RACIOCÍNIO:

- Dos cogumelos saem fiapos.
- Os fiapos são venenosos.

CONCLUSÕES:

- A) Os cogumelos são venenosos.
- B) Os cogumelos não são venenosos.
- C) Nada se pode afirmar.

QUARTO RACIOCÍNIO:

- Em um jardim se plantam flores.
- Neste jardim existem 30 rosas e 5 margaridas.

CONCLUSÕES:

- A) Existem mais flores do que rosas no jardim.
- B) Existem mais rosas do que flores no jardim.
- C) Se todas as rosas forem cortadas não haverão flores.
- D) Nada se pode afirmar.

QUINTO RACIOCÍNIO:

- Jorge canta melhor do que Maria.
- Maria canta melhor do que Alberto.

CONCLUSÕES:

- A) Alberto canta pior do que Jorge.
- B) Jorge canta pior do que Alberto.
- C) Nada se pode afirmar.

SEXTO RACIOCÍNIO:

- Marcos é menos valente do que José.
- José é menos valente do que Fernando.

CONCLUSÕES:

- A) Fernando é o mais valente dos três.
- B) Marcos é o mais valente dos três.
- C) Nada se pode afirmar.

ÉS UM BOM DETETIVE?

Você se encontra na situação de um detetive que reúne pistas durante uma investigação e busca a verdade através de raciocínios e deduções. Um detetive faz suposições e busca provas a partir daquilo que é dito e daquilo que é observado.

Agora leia as três frases do enunciado que segue, reflita sobre o que é dito e determine se as conclusões que são apresentadas logo abaixo do enunciado são verdadeiras ou falsas.

EXEMPLO: PRIMEIRO PROBLEMA

- Se Pablo mentiu, então Pedro matou João.
- Se a arma do crime era uma pistola, então Pablo mentiu.

Hoje se verificou que a arma do crime era uma pistola.

CONCLUSÕES

- A) Pablo mentiu.

- B) Pablo não mentiu.
- C) Pedro matou João.
- D) Pedro não matou João.
- E) Nada se sabe.

Com os dados do problema, primeiro deve-se saber se Pablo mentiu ou não. Em seguida você poderá descobrir se Pedro matou ou não João. Pode-se dizer que Pablo mentiu porque a arma do crime era uma pistola. Então, Pedro matou João e Pablo mentiu. Marque na folha de respostas as opções A e C, pois são as conclusões corretas da investigação.

Faça o mesmo com os problemas seguintes, sempre marcando as conclusões corretas na folha de respostas.

SEGUNDO PROBLEMA:

Se o porteiro era cúmplice, então a porta da casa estava aberta e o ladrão entrou pelo sótão.

Se o roubo aconteceu a meia-noite, então o vigia era cúmplice.

Foi possível provar que a porta da casa não estava aberta e que o ladrão não entrou pelo porão.

CONCLUSÕES

- A) O vigia não era cúmplice.
- B) O vigia era cúmplice.
- C) O roubo aconteceu a meia-noite.
- D) O roubo não aconteceu a meia-noite.
- E) Não se pode afirmar que o roubo aconteceu a meia-noite.

TERCEIRO PROBLEMA:

Uma das duas: ou o ladrão veio de carro, ou a testemunha estava errada.

Se o ladrão tinha um cúmplice, então ele foi de carro.

O ladrão não tinha cúmplice e não tinha a chave da casa, ou o ladrão tinha cúmplice e tinha a chave da casa.

Agora se conseguiu provar que o ladrão tinha a chave da casa.

CONCLUSÕES

- A) O ladrão foi de carro.
- B) O ladrão não foi de carro.
- C) A testemunha não se enganou.
- D) Não se pode saber se a testemunha se enganou.

QUARTO PROBLEMA:

Se a polícia segue uma pista errada, então os jornais anunciam falsas notícias.

Se os jornais anunciam falsas notícias, então o assassino não vive na cidade.

Agora temos certeza de que os jornais anunciam falsas notícias.

CONCLUSÕES

- A) O assassino vive na cidade.
- B) O assassino não vive na cidade.
- C) A polícia segue uma pista errada.
- D) A polícia não segue uma pista errada.
- E) Não se pode saber se a polícia segue uma pista errada.

COMO VOCÊ OCUPA AS SUAS FÉRIAS?

Agora você deve resolver, sempre através de raciocínios e deduções, problemas do mesmo tipo dos anteriores, mas que estão relacionados a formas de passar tempo em uma tarde de férias. Raciocinando sobre os enunciados dos problemas, você deve-determinar como vai se distrair.

Responda sempre marcando as conclusões corretas, como nos problemas anteriores.

QUINTO PROBLEMA:

Você sai com os amigos e vai para a cidade vizinha.

Se sai com os amigos, então vai a montanha ou vai pescar.

No fim, você não vai a montanha e nem vai pescar.

CONCLUSÕES:

- Você sai com os amigos.
- Você não sai com os amigos.
- Você vai à cidade vizinha.
- Você não vai à cidade vizinha.
- Não se pode saber se você vai à cidade vizinha.

SEXTO PROBLEMA:

Se você vai mergulhar, então o tempo está bom.

Se você vai andar de barco, então o tempo está bom.

No fim, você vai andar de barco.

CONCLUSÕES:

- E) colher cogumelos.

- A) O tempo está bom.
- B) O tempo não está bom.
- C) Vais mergulhar.
- D) Não vais mergulhar.
- E) Não se pode saber se vais mergulhar.

SÉTIMO PROBLEMA:

Se choveu ontem, então você irá colher cogumelos, e se vai colher cogumelos, então choveu ontem.

Uma das duas: ou choveu ontem ou você irá percorrer os campos.

Se você não percorrer os campos, então irá pelo caminho da montanha.

Entretanto, você não irá pelo caminho da montanha.

CONCLUSÕES:

- A) Você não irá percorrer os campos.
- B) Não choveu ontem.
- C) Vais colher cogumelos.
- D) Não vais
- F) Não se pode saber se vais colher cogumelos.

FOLHA DE RESPOSTAS DA PROVA TOFLP

Nome: _____

Data de nascimento: _____ Idade: _____

Colégio: _____ Turma: _____

Data de realização: ____ / ____ / ____

Marque com um X a conclusão correta em relação aos raciocínios.

RACIOCINIO	A	B	C	D
PRIMEIRO				
SEGUNDO				
TERCEIRO				
QUARTO				
QUINTO				
SEXTO				

Marque com um X a conclusão correta em relação aos problemas.

PROBLEMA	A	B	C	D	E
PRIMEIRO					
SEGUNDO					
TERCEIRO					
QUARTO					
QUINTO					
SEXTO					
SÉTIMO					

O quadro abaixo será preenchido apenas por quem corrigir a prova.

Pontos por problemas concretos: _____

Pontos por problemas formais: _____

Total: _____

Nível operatório: _____

MANUAL DA PROVA T.O.F.P (LONGEOT)

Adaptação de M. Chadwick e E. Orellana
Tradução Borges, K.S.²³ e Castilho, M.I.²⁴

Objetivos:

Determinar o nível de desenvolvimento das operações formais em relação a lógica de probabilidades ou proporções.

Materiais:

- Manual da Prova TOFP.
- Um protocolo que inclui quatro problemas de estrutura operatória concreta, dois de estrutura operatória pré-formal ou dos estágios intermediários entre o estágio operatório concreto e o formal, e quatro problemas de estrutura operatório formal.
- Uma folha de respostas TOFP.

Técnica de Aplicação

- Se distribuem os cadernos de perguntas e as folhas de resposta.
- Se pede aos sujeitos para anotarem seus dados nas folhas de respostas.
- Se lê as instruções para o primeiro problema.
- Se pergunta se existem dúvidas sobre o que foi lido.
- Se explica a forma de anotar a resposta na folha de respostas, marcando a opção escolhida.

Critérios de Correção

- Se atribui um ponto por resposta correta.
- Não se conta o primeiro problema, pois este serve de exemplo.
- Se obtém a pontuação-total, somando todos os pontos creditados.
- Pontuação máxima de 9 pontos.

23borges.karen@gmail.com

24minescastilho@gmail.com

TOFP

Problema	Estrutura Operatória	Operação lógica necessária	Respostas corretas
1	Concreta	Raciocinar sobre os casos favoráveis ou sobre os casos desfavoráveis	A
2	Concreta	Idem ao problema 1	B
3	Concreta	Idem ao problema 1	A
4	Concreta	Idem ao problema 1	B
5	Pré-formal	Estabelecer comparações entre proporções menos complicadas porque um dos numeradores leva a unidade	C
6	Formal	Comparar proporções com numeradores e denominadores diferentes. Estabelecer relações sobre relações, isto é, operações de 2º grau.	C
7	Formal	Idem ao problema 6	C
8	Formal	Idem ao problema 6	D
9	Formal	Idem ao problema 6	D
10	Pré-formal	Idem ao problema 5	A

Níveis de Desenvolvimento

Pontos	Estágio Operatório
0 – 3	Concreto: o sujeito não resolveu nenhum problema formal ou pré-formal.
4 – 5	Pré-formal: o sujeito resolveu além dos problemas concretos, um formal ou pré-formal.
6 – 9	Formal: o sujeito resolveu todos os problemas concretos, os dois pré-formais e, no mínimo, um formal.

PROVA 2

PROVA DAS OPERAÇÕES FORMAIS DE PROBABILIDADES

Você vai resolver uns problemas que se parecem com os de Matemática. Entretanto, para resolvê-los não será necessário fazer cálculos. Você deve resolvê-los mentalmente.

Leia o enunciado dos problemas. Abaixo deles, encontrará várias soluções diferentes. **Apenas uma destas soluções é a correta**, as outras são falsas. Você terá que identificar a resposta correta e registrá-la na folha de respostas.

O primeiro problema é um exemplo, vamos analisá-lo juntos:

EXEMPLO: PROBLEMA 1:

Cláudio e Jaime jogam cartas, em um jogo chamada A Batalha. Neste jogo, cada jogador recebe metade das 32 cartas, dispostas em um monte à frente de cada jogador, com a face voltada para baixo. As cartas não podem ser vistas.

Cada jogador vira a carta de cima do monte e o jogador que tiver a carta mais alta, fica com a sua carta e a do oponente. O jogo continua até que um dos jogadores tenha todas as cartas. Este jogador será considerado o vencedor da partida.

No começo da partida, Cláudio e Jaime tem, cada um, 16 cartas. Dentre as 16 cartas de Cláudio estão 3 reis e no monte de Jaime existe 1 rei.

Qual dos jogadores tem maior chance de tirar um rei na jogada seguinte?

- a) Cláudio, porque tem 3 reis dentre suas 16 cartas.
- b) Jaime, porque tem 1 rei dentre suas 16 cartas.
- c) As chances para Cláudio e Jaime são iguais, porque ambos têm 16 cartas.

Os dois garotos têm o mesmo número de cartas, mas considerando que Cláudio tem 3 reis e Jaime apenas um, dentre as suas 16 cartas, conclui-se que Cláudio tem mais chances de tirar um dos seus reis na próxima jogada. Marque a opção A na folha de respostas.

PROBLEMA 2:

Em outro momento da partida, Cláudio tem 2 Ases e 22 cartas no seu monte. Jaime tem 2 Ases e 10 cartas no seu monte.

Qual jogador tem mais chance de tirar um As primeiro?

- a) Cláudio, porque tem mais cartas do que Jaime.
- b) Jaime, porque tem apenas 10 cartas, contando os seus Ases.
- c) Cláudio e Jaime tem a mesma chance, porque ambos têm 2 Ases.

PROBLEMA 3:

No sítio do Padre Leonardo tem 15 vacas, das quais 7 são pretas e 8 marrons. No sítio do Padre Mateus também tem 15 vacas, mas 5 são pretas e 10 são marrons. Cada um dos sítios é rodeado por uma cerca. As porteiras das cercas não deixam passar mais de uma vaca por vez. Quando o Padre Leonardo e o Padre Mateus abriam as porteiras .

De qual das cercas há mais chance de sair a primeira vaca preta?

- a) Do sitio do Padre Leonardo, porque tem 7 vacas pretas entre as suas 15 vacas.
- b) Do sitio do Padre Mateus, porque tem 5 vacas pretas entre as suas 15 vacas.
- c) As chances são iguais, porque ambos têm 15 vacas.

PROBLEMA 4:

Os operários de uma fábrica saem do serviço às 6h da tarde. Pela porta da esquerda da fábrica vão sair 31 pessoas: 22 homens e 9 mulheres. Pela porta da direita da fábrica sairão 27 pessoas: 18 homens e 9 mulheres.

Por qual das portas há mais chances de ver sair a primeira mulher?

- a) Pela porta da esquerda, porque por ali sairão mais pessoas.
- b) Pela porta da direita, porque por ali sairão menos homens.
- c) As chances são iguais, porque em ambas as portas sairão 9 mulheres.

PROBLEMA 5:

Na hora do recreio se formam três grupos para jogar bola. No primeiro grupo tem 5 alunos e uma bola. No segundo grupo tem 6 alunos e 2 bolas. No terceiro grupo tem 12 alunos e 3 bolas.

A qual grupo vale mais a pena se juntar, de modo a pegar a bola com mais frequência?

- a) É melhor entrar no terceiro grupo, porque este tem mais bolas do que os outros grupos.
- b) É melhor entrar no primeiro grupo, porque este tem menos alunos do que os outros grupos.
- c) É melhor entrar no segundo grupo, porque este tem menos alunos em relação ao número de bolas.
- d) Não é possível decidir, porque o segundo grupo tem uma bola a mais e um aluno a mais do que o primeiro e o terceiro grupos, que tem mais alunos.

PROBLEMA 6:

Em uma garagem estão guardados 24 veículos: 4 caminhonetes e 20 carros de turismo. Numa segunda garagem estão guardados 54 veículos: 9 caminhonetes e 45 carros de turismo. Na terceira garagem estão guardados 36 veículos: 6 caminhonetes e 30 carros de turismo.

Por qual das garagens existe mais chance de sair a primeira caminhonete?

- Da terceira garagem, porque tem mais caminhonetes e menos carros de turismo do que a segunda garagem.
- Da primeira garagem, porque é a que tem menos carros de turismo.
- Não importa de qual garagem, porque nas três tem o mesmo número de caminhonetes em relação ao número total de veículos.

PROBLEMA 7:

Os alunos de três cursos têm o mesmo professor de Matemática e fazem a mesma prova trimestral.

Na turma 6A, com 30 alunos, 20 obtiveram aprovação e 10 foram reprovados.

Na turma 6B, com 42 alunos, 22 obtiveram aprovação e 20 foram reprovados.

Na turma 6C, com 20 alunos, 12 obtiveram aprovação e 8 foram reprovados.

Segundo estes resultados, qual das turmas tem o maior nível?

- A turma 6C, porque nela apenas 8 alunos foram reprovados.
- A turma 6B, porque nela está o maior número de alunos aprovados.
- A turma 6A, porque nela está o maior número de alunos aprovados em relação aos reprovados.
- As turmas 6A, 6B e 6C tem o mesmo nível em matemática, porque nas três turmas o número de alunos aprovados é maior do que o número de alunos reprovados.

PROBLEMA 8:

Em uma feira, Pedro comprou um número de rifa. Nesta feira foram vendidos 25 números, dos quais 5 ganharam prêmios e 20 não ganharam nada. A irmã de Pedro, Hilda, comprou um número em outra rifa. Nesta rifa foram vendidos 10 números, dos quais 2 ganharam e 8 perderam. A outra irmã de Pedro, Doris, comprou um número de uma terceira rifa. Nesta rifa foram vendidos 40 números, dos quais 8 ganharam e 32 perderam.

Qual dos três irmãos teve mais chances de ter comprado um número ganhador?

- Doris, porque na sua rifa haviam mais números ganhadores.
- Hilda, porque na sua rifa haviam menos números perdedores.

c) Pedro, porque na sua rifa haviam mais números ganhadores do que na rifa de Hilda e menos números perdedores do que na rifa de Doris.

d) As chances dos três irmãos terem comprado um número ganhador eram iguais, porque nas três rifas havia o mesmo número de ganhadores em relação a quantidade de perdedores.

PROBLEMA 9:

João, Cláudio e Ana ganharam cada um, um pacote de doces. No pacote de Cláudio haviam 7 caramelos e 21 balas de menta. No pacote de João haviam 4 caramelos e 12 balas de menta. No pacote de Ana haviam 6 caramelos e 18 balas de menta.

Qual das três crianças tem mais chances de tirar um caramelo do pacote de doces?

- João, porque no seu pacote tem menos balas de menta.
- Cláudio, porque no seu pacote tem mais caramelos.
- Ana, porque no seu pacote tem mais caramelos do que o pacote de João e menos balas de menta do que o pacote de Cláudio.
- As três crianças têm as mesmas chances, pois nos três pacotes tem o mesmo número de camelas em relação ao número de balas.

PROBLEMA 10:

Três grupos de crianças de uma colônia de férias vão nadar, acompanhados e supervisionados por seus professores.

O primeiro grupo compreende 14 pessoas: 12 crianças e 2 professores.

O segundo grupo compreende 8 pessoas: 7 crianças e 1 professores.

O terceiro grupo compreende 24 pessoas: 21 crianças e 3 professores.

Qual dos três grupos está sendo melhor supervisionado?

- O primeiro grupo, porque eles têm mais professores em relação ao número de crianças.
- O segundo grupo, porque tem menos crianças para supervisionar.
- O terceiro grupo, porque tem mais professores para supervisionar as crianças.
- Os três grupos estão sendo igualmente supervisionados, pois o primeiro tem 2 professores dentre as 14 pessoas, ou seja, um professor para cada 7 pessoas. O segundo tem um professor para 7 crianças. No terceiro tem 3 professores para 21 crianças, ou seja, um professor para 7 crianças.

FOLHA DE RESPOSTAS DA PROVA TOFP

Nome: _____

Data de nascimento: _____ Idade: _____

Colégio: _____ Turma: _____

Data de realização: ____ / ____ / ____

Marque com um **X** a conclusão correta em relação aos problemas:

PROBLEMA	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

O quadro abaixo será preenchido apenas por quem corrigir a prova.

Pontos por problemas concretos: _____

Pontos por problemas formais: _____

Total: _____

Nível operatório: _____

MANUAL DA PROVA T.O.F.C (LONGEOT)

Adaptação de M. Chadwick e E. Orellana
Tradução Borges, K.S²⁵ e Castilho, M.I²⁶

Objetivos:

Determinar o nível de desenvolvimento das operações formais em relação a lógica combinatória

Materiais:

- Manual da Prova TOFC
- Um protocolo que inclui seis problemas: dois de estrutura operatória concreta, três de estrutura operatória formal, um com a primeira parte do nível formal e um com a segunda parte do nível formal.
- Uma folha de respostas TOFC

Técnica de Aplicação

- Se distribuem os cadernos de perguntas e as folhas de resposta
- Se pede ao sujeitos para anotarem seus dados nas folhas de respostas
- Se lê as instruções para o primeiro problema
- Se pergunta se existem dúvidas sobre o que foi lido
- Se explica a forma de anotar a resposta na folha de respostas, indicando que as respostas devem ser formadas com a primeira letra dos nomes.

Critérios de Correção

- Pontuação máxima de 7 pontos

25borges.karen@gmail.com

26minescastilho@gmail.com

TOFC

Problema	Estrutura Operatória	Operação lógica necessária	Respostas corretas
1	Concreta	Multiplicação lógica de classes	AL, BL, CL, AM, BM, CM, AN, BN, CN
2	Concreta	Ordenamento: descoberta de duplas com permutação dos elementos	DC, CD, DP, PD, CP, PC
3A	Concreta	Idem ao item 2	11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 24 31, 32, 33, 34 41, 42, 43, 44
3B	Formal	Combinatória	25
4A	Formal	Combinação sem permutação dos elementos combinados	AC, AD, AM, AP CD, CM, CP, CR DM, DP, DR MP, MR PR
4B	Formal	Combinatória	21
5	Formal	Combinação com permutação dos elementos ordenados	LRPC, LRCP, LPRC, LPCR, LCPR, LCRP, RLPC, RLCP, RPLC, RPCL, RCLP, RCPL PLRC, PLCR, PRLC, PRCL, PCLR, PCRL CLRP, CLPR, CRLP, CRPL, CPLR, CPRL
6	Formal	Combinação com permutação dos elementos ordenados	PACL, PALC, PCAL, PCA, PLAC, PLCA APCL, APLC, ACPL, ACLP, ALPC, ALCP CAPL, CALP, CPAL, CPLA, CLPA, CLAP LAPC, LACP, LCPA, LCAP, LPAC, LPCA

Níveis de Desenvolvimento

Pontos	Estágio Operatório
0 – 3	Concreto: o sujeito resolveu corretamente os três problemas concretos (1, 2 e 3A)
4 – 5	Formal inferior ou Formal A: o sujeito resolveu os três problemas concretos e um problema formal ou dois problemas concretos e um dos problemas formais
6 – 7	Formal superior ou Formal B: o sujeito resolveu os problemas concretos e os problemas formais de forma sistemática

PROVA 3

PROVA DAS OPERAÇÕES FORMAIS COMBINATÓRIA

Você vai resolver seis problemas. São fáceis. Preste atenção e pense um pouco antes de escolher a resposta. Leia o enunciado do primeiro problema, O BAILE, e encontre a resposta correta. Registre-a na folha de respostas que foi entregue junto com o caderno de questões.

Na folha de respostas você vai encontrar o título de cada problema e várias linhas. Nestas linhas você deve registrar suas respostas.

Atenção: não é necessário usar todas as linhas.

Em seguida, encontrará o segundo problema, OS CARROS, e os demais, logo depois. Resolva todos e anote as respostas nas linhas que se encontram abaixo do nome do problema.

O primeiro problema é um exemplo. Vamos analisá-lo juntos:

EXEMPLO: PROBLEMA 1: O BAILE

Depois de um almoço em família, as pessoas decidiram dançar. Há três homens (Alberto, Bernardo e Carlos) e três mulheres (Luisa, Mônica e Nelly). Quais são os pares (homem-mulher) possíveis de serem formados nesta festa improvisada?

Escreva nas linhas em branco da folha de respostas, indicando a primeira letra de cada bailarino. *Foi escrito na primeira linha a dupla A-L, que se referem a Alberto e Luisa.* Escreva as outras, usando uma linha para cada par de bailarinos possível de se formar.

PROBLEMA 2: OS CARROS

Domingos, Claudio e Paulo vão ao parque de diversões andar no carro-choque. Cada carrinho tem apenas dois lugares, o do motorista e o do copiloto. Os três amigos vão formar equipes para pilotar os carrinhos. Entretanto, todos querem ser piloto e copiloto o mesmo número de vezes. Logo, haverá mais de três equipes.

Pense em todas as equipes possíveis de serem formadas. Em cada linha deve anotar a formação de apenas uma dupla. Escreva a primeira letra dos nomes de cada dupla, sendo que a letra da esquerda corresponde ao nome do motorista e a letra da direita é o nome do copiloto.

Repara que já está escrito D-C, o que significa que Domingos e Cláudio formam uma dupla.

PROBLEMA 3: O SORTEIO

Imagine que você comprou um número de rifa para um sorteio. Sabe-se que os bilhetes estão numerados com apenas dois dígitos e que os números são formados pelos dígitos 1,2,3,4. **Primeira Pergunta:**

Você tem o número 11; para saber quantas chances existem para que o seu número seja premiado, pense em todos os números de dois dígitos que se poderiam vender. Anote-os nas linhas da folha de respostas, apenas um número de dois dígitos por linha. *Já vais encontrar o número (11) anotado.*

Segunda Pergunta

Podes dizer, apenas a partir de um cálculo mental, quanto números de dois dígitos existirão, quando os bilhetes da rifa forem criados usando os dígitos 1,2,3,4,5? *Não vale anotar as combinações.*

Anote a resposta no quadro que se encontra na folha de respostas.

PROBLEMA 4: O PING-PONG

Seis crianças vão jogar ping-pong. São eles: André, Claudio, Domingos, Miguel, Paulo e René. Para determinar os melhores, todos jogarão contra todos.

Primeira Pergunta:

Escreva na folha de respostas todas as partidas que serão jogadas. Indica, para cada uma, os adversários da partida, escrevendo a primeira letra de seus nomes.

Por exemplo: já está escrito A-D, o que quer dizer que André jogará contra Domingos. Usa uma linha para cada partida do jogo de Ping-Pong.

Segunda Pergunta:

Podes dizer, apenas a partir de um cálculo mental, quantas partidas de Ping-Pong haveriam, se a quantidade de crianças fosse 7 ao invés de 6? *Não vale anotar as combinações.*

Anote a resposta no quadro que se encontra na folha de respostas.

PROBLEMA 5: O RESTAURANTE CHINES

Imagina que vais almoçar em um restaurante chinês junto com os teus pais. São quatro pessoas e cada uma pede um prato diferente, para que todos possam provar este tipo de comida, que é novo para todos. Os quatro pratos são: camarão com abacaxi, lagostins assados, porco agri-doce e rolinho primavera.

Os quatro pratos são servidos ao mesmo tempo. Em que ordem é possível comer os quatro pratos? Indica todas as ordens possíveis, designando cada prato pela primeira letra do seu nome e anotando a ordem nas linhas da folha de resposta.

Por exemplo: se te serves primeiro de lagostim, depois rolinho, depois porco e por último camarão, debes escrever na folha de respostas L-R-P-C. Esta combinação já está anotada na folha de respostas.

Utiliza uma linha para cada combinação.

PROBLEMA 6: OS NOVOS NEGÓCIOS

Uma padaria, um armazém, uma confeitaria e uma livraria vão se instalar em quatro novos locais. Cada um deles pode escolher qualquer um dos locais. Diga quais são todas as maneiras possíveis de ocupar os locais.

Por exemplo: vais encontrar na folha de respostas P-A-C-L, o que significa que a padaria ficará no primeiro lugar, o armazém no segundo, a confeitaria no terceiro e a livraria no quarto.

Escreva na folha de respostas todas as outras formas possíveis de ocupação, uma em cada linha.

FOLHA DE RESPOSTAS DA PROVA TOFC

Nome: _____

Data de nascimento: _____ Idade: _____

Colégio: _____ Turma: _____

Data de realização: ____ / ____ / ____

EXEMPLO: PROBLEMA 1: O BAILE

A - L

PROBLEMA 2: OS CARROS

D - C

PROBLEMA 3: O SORTEIO

Primeira Pergunta:

11

Segunda Pergunta:

PROBLEMA 4: O PING-PONG

Primeira Pergunta:

A - D

Segunda Pergunta:

PROBLEMA 5: O RESTAURANTE CHINES

L-R-P-C

PROBLEMA 6: OS NOVOS NEGÓCIOS

P-A-C-L

O quadro abaixo

será preenchido apenas por quem corrigir a prova.

Pontos por problemas concretos: _____

Pontos por problemas formais: _____

Total: _____

Nível operatório: _____

