



Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Sociais e Educação
Departamento de Matemática, Estatística e Informática
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática
Mestrado Profissional em Ensino de Matemática
Metodologia para o Ensino de Matemática no Nível Médio.

DENIS HEITOR DAMASCENO DA SILVA

**ROBÓTICA EDUCACIONAL - POSSIBILIDADES PARA
O ENSINO DE PRISMAS RETOS**

BELÉM/PA
2023

Denis Heitor Damasceno da Silva

**Robótica Educacional – Possibilidades para o Ensino de Prismas
Retos.**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Matemática da Universidade do Estado do Pará como exigência para obtenção de título de Mestre em Ensino de Matemática. Linha de Pesquisa: Metodologia para o Ensino de Matemática no Nível Médio. Orientadora: Prof.^a Dra. Cinthia Cunha Maradei Pereira. Coorientador: Prof.^o Dr. Carlos Alberto de Miranda Pinheiro.

BELÉM/PA
2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
Biblioteca do CCSE/UEPA, Belém - PA

Silva, Denis Heitor Damasceno da

Robótica educacional - possibilidades para o ensino de prismas retos /
Denis Heitor Damasceno da Silva; orientadora Cinthia Cunha Maradei Pereira;
coorientador Carlos A. de Miranda Pinheiro. – Belém, 2024.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) –
Universidade do Estado do Pará. Programa de Pós-graduação em Ensino de
Matemática. Belém. 2024.

1.Prisma reto.2.Robótica educacional.3.Arduino.I.Pereira, Cinthia Maradei (orient.).
II.Pinheiro, Carlos A. de Miranda Pinheiro (coorient.). III. Título.

CDD 23ed. 516

Regina Coeli A. Ribeiro – CRB-2/739

Denis Heitor Damasceno da Silva

**Robótica Educacional – Possibilidades para o Ensino de Prismas
Retos.**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Matemática da Universidade do Estado do Pará. Linha de Pesquisa: Metodologia para o Ensino de Matemática no Nível Médio.

Orientador: Prof.^a Dra. Cinthia Cunha Maradei Pereira.

Data de aprovação: 12/12/2023
Banca examinadora

Documento assinado digitalmente
 CINTHIA CUNHA MARADEI PEREIRA
Data: 18/12/2023 20:58:42-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br> . Orientadora

Profa. Dra. Cinthia Cunha Maradei Pereira
Doutora em Bioinformática - Universidade Federal do Pará – UFPA
Universidade do Estado do Pará.

Documento assinado digitalmente
 CARLOS ALBERTO DE MIRANDA PINHEIRO
Data: 09/01/2024 09:59:08-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br> . Coorientador

Prof. Dr. Carlos Alberto de Miranda Pinheiro
Doutor em Educação Matemática - Pontifícia Universidade Católica – PUC/SP
Universidade do Estado do Pará.

Documento assinado digitalmente
 ACYLENA COELHO COSTA
Data: 19/12/2023 22:57:11-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br> . Examinadora Interna

Profa. Dra. Acylena Coelho Costa
Doutora em Educação Matemática - Pontifícia Universidade Católica – PUC/SP
Universidade do Estado do Pará.

Documento assinado digitalmente
 AMARI GOULART
Data: 19/12/2023 10:31:44-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br> . Examinador Externo

Prof. Dr. Amari Goulart
Doutor em Educação Matemática - Pontifícia Universidade Católica – PUC/SP
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo / IFSP

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida, por manter-me saudável frente à pandemia do COVID-19, por oportunizar a conclusão deste mestrado, me dando forças nos momentos de dificuldades e colocando em meus caminhos pessoas que contribuíram para que a pesquisa, aqui apresentada, fosse concretizada.

À minha esposa, Elinete Gonçalves, companheira, docente de lutas e debates educacionais, que sempre me incentivou e apoiou em projetos educacionais e profissionais.

Aos meus filhos, Cássio Heitor e Enzo Heitor, pelo auxílio nos experimentos, pela preocupação e torcida para que este trabalho fosse concluído.

Aos meus pais, Jaime Heitor e Sandra Damasceno, por todo incentivo e esforço para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje. Pela importância que sempre deram a minha educação e formação profissional. Serei eternamente grato.

Ao professor Dr. Carlos Miranda, por todo ensinamento repassado, o qual foi de grande inspiração e incentivo para minha formação profissional, assim como, por toda orientação e disponibilidade para o desenvolvimento desta pesquisa.

À professora Dra. Cinthia Maradei, pelas orientações e por toda paciência e prontidão durante o desenvolvimento da pesquisa.

Ao professor Dr. Pedro Sá, pela preocupação e suporte didático, na realização deste trabalho.

Aos professores, Emerson e Thiago, colegas da equipe de matemática do SOME, pela parceria e colaboração na execução desta pesquisa.

Aos colegas de turma, do mestrado, pela parceria, união e força que sempre deram para que todos concluíssem esta etapa profissional.

Aos professores do PPGEM-UEPA por todos os ensinamentos.

E a todos que direta ou indiretamente me ajudaram nessa caminhada.

RESUMO

SILVA, Denis Heitor Damasceno da. **Robótica Educacional – Possibilidades para o Ensino de Prismas Retos**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática – Universidade do Estado do Pará, Belém, 2023.

A presente pesquisa foi desenvolvida com objetivo de estudar as potencialidades de uma sequência de atividades, utilizando robótica educacional, para o processo de ensino e aprendizagem de Prismas Retos, a partir da construção de protótipos robotizados. Foi aplicada em turmas do 3º ano do Ensino Médio, de três escolas do espaço rural do município de Concórdia do Pará – PA, com um total de 59 estudantes envolvidos, através do Sistema de Organização Modular de Ensino – SOME. Como aporte teórico adotou-se o Construcionismo de Seymour Papert e como metodologia utilizou-se o Design Experiments de Allan Collins e Ann Brown. Para a aplicação da pesquisa foi elaborada uma sequência de atividades, orientadas sob as TLS (Teaching-Learning Sequences – Sequências de Ensino-Aprendizagem), a partir dos elementos do Prisma Reto, desenvolvida de forma colaborativa, em 04 grupos, para a construção das partes (cabeça, tronco, pernas e braços) do protótipo robô. As atividades desenvolvidas procuraram envolver questões referentes às áreas das superfícies e reconhecimento dos Prismas Retos. Em cada construção foi acoplado componentes da placa Arduino-Uno e desenvolvido a programação específica para cada protótipo criado, utilizando o software educacional Scratch for Arduino – S4A, os quais foram apresentados aos grupos através de uma oficina de robótica pedagógica dividida em duas etapas: Componentes Eletrônicos do Arduino e Utilização do Software Educacional Scratch for Arduino – S4A, com o uso de laptops, o que, além da aprendizagem, proporcionou estímulos ao Pensamento Computacional. O ato de construir teve como suporte as ideias de brinquedo na educação de Lev Vygotsky. Quanto a ligação e acionamento dos componentes foram explorados os conceitos da Física, eletricidade – Circuito elétrico, de forma interdisciplinar com o conteúdo matemático. Na construção do protótipo robô utilizou-se materiais recicláveis (restos de caixas, papel e restos de tintas) e para os motores direcionais foram utilizados restos de sucatas (motores de DVDs danificados) e/ou kit Arduino. A avaliação do projeto foi realizada utilizando as técnicas observacionais de Viana (2007) através das variáveis dependentes do Design Experiments: Clima (cooperação entre os aprendizes, compromisso, grau de esforço, etc.), Aprendizagem (conhecimentos, conteúdo, habilidades e disposições) e Sistêmica (alteração, expansão, sustentabilidade, facilidade de adoção e custos), com dois ciclos de redesign, pelos quais foram registrados fotos, vídeos, pré-testes e pós-testes. Os resultados obtidos foram favoráveis em duas variáveis, Clima e Aprendizagem, e nos objetivos pretendidos. O professor pesquisador durante o processo atuou como mediador com poucas intervenções e com pequenas modificações, deixando sugestões para um novo redesign. Como fruto desta pesquisa, destaca-se o surgimento de um produto educacional intitulado “Robótica & a Métrica das Formas”, o qual apresenta uma sequência de atividades voltadas a aprendizagem do conteúdo de Prismas Retos (elementos, áreas das superfícies e reconhecimento), em consonância com a construção de um protótipo robô direcional, utilizando componentes arduinos de baixo custo e o software educacional Scratch for Arduino – S4A.

Palavras-Chave: Prisma Reto, Construcionismo, Design Experiments, Teaching-Learning Sequences, Robótica Educacional, Arduino, Scratch for Arduino.

ABSTRACT

SILVA, Denis Heitor Damasceno da. Educational Robotics – Possibilities for Teaching Straight Prisms. Dissertation of the Postgraduate Program in Mathematics Teaching – State University of Pará, Belém, 2023.

The present research was developed with the objective of studying the potential of a sequence of activities, using educational robotics, for the teaching and learning process of Straight Prisms, based on the construction of robotic prototypes. It was applied in 3rd year high school classes, from three rural schools in the municipality of Concórdia do Pará – PA, with a total of 59 students involved, through the Modular Education Organization System – SOME. As a theoretical contribution, Seymour Papert's Constructionism was adopted and as a methodology, Design Experiments by Allan Collins and Ann Brown was used. For the application of the research, a sequence of activities was prepared, guided under the TLS (Teaching-Learning Sequences), based on the elements of Straight Prism, developed collaboratively, in 04 groups, for the construction of parts (head, torso, legs and arms) of the robot prototype. The activities developed sought to involve questions relating to surface areas and recognition of Straight Prisms. In each construction, components from the Arduino-Uno board were coupled and specific programming was developed for each prototype created, using the educational software Scratch for Arduino – S4A, which were presented to the groups through a pedagogical robotics workshop divided into two stages: Components Arduino Electronics and Use of the Educational Software Scratch for Arduino – S4A, with the use of laptops, which, in addition to learning, provided stimuli for Computational Thinking. The act of building was supported by the ideas of toys in Lev Vygotsky's education. Regarding the connection and activation of components, the concepts of Physics, electricity – Electric circuit were explored in an interdisciplinary way with mathematical content. In the construction of the robot prototype, recyclable materials were used (remains of boxes, paper and paint residues) and for the directional motors, scrap residues (motors from damaged DVDs) and/or an Arduino kit were used. The project evaluation was carried out using Viana's (2007) observational techniques through the dependent variables of Design Experiments: Climate (cooperation between learners, commitment, level of effort, etc.), Learning (knowledge, content, skills and dispositions) and Systemic (change, expansion, sustainability, ease of adoption and costs), with two redesign cycles, through which photos, videos, pre-tests and post-tests were recorded. The results obtained were favorable in two variables, Climate and Learning, and in the intended objectives. During the process, the teacher acted as a mediator with few interventions and small modifications, leaving suggestions for a new redesign. As a result of this research, the emergence of an educational product entitled “Robotics & the Metric of Forms” stands out, which presents a sequence of activities aimed at learning the content of Straight Prisms (elements, surface areas and recognition), in line with the construction of a directional robot prototype, using low-cost Arduino components and the educational software Scratch for Arduino – S4A.

Keywords: Straight Prism, Constructionism, Design Experiments, Teaching-Learning Sequences, Educational Robotics, Arduino, Scratch for Arduino.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Peça o problema dos 35 camelos.....	27
Figura 2 – Energia Eólica	28
Figura 3 – A pilha de Daniel	28
Figura 4 – Trajetória de um foguete químico	29
Figura 5 – Exposição dos sólidos geométricos.....	29
Figura 6 – Barco à vapor.....	29
Figura 7 – Maquetes Geométricas.....	29
Figura 8 – Carro elétrico.....	29
Figura 9 – Recortes de papiros históricos.....	38
Figura 10 – Elementos de um poliedro	39
Figura 11 – Classificação dos Poliedros	40
Figura 12 – Poliedro de Platão não regular	41
Figura 13 – Poliedro de Platão regular	41
Figura 14 – Poliedros de Platão e a relação de Euler	42
Figura 15 – Cubo: poliedro regular.....	42
Figura 16 – Tetraedro: poliedro regular	42
Figura 17 – Poliedro não regular quanto às faces	42
Figura 18 – Poliedro não regular quanto às arestas	42
Figura 19 – Prisma Hexagonal.....	43
Figura 20 – Prisma Reto	43
Figura 21 – Prisma oblíquo	43
Figura 22 – Prisma quadrangular regular	44
Figura 23 – Prisma hexagonal regular e sua planificação	44
Figura 24 – Planificação do Prisma Hexagonal regular com o Geogebra	44
Figura 25 – Base Hexagonal.....	45
Figura 26 – Paralelepípedo retângulo e sua planificação.....	45
Figura 27 – Planificação do Paralelepípedo retângulo com o Geogebra	45
Figura 28 – Diagonal do Paralelepípedo retângulo	46
Figura 29 – Paralelepípedo oblíquo e sua planificação	46
Figura 30 – Diagonal do Cubo	46
Figura 31 – Planificação do Cubo utilizando o Geogebra.....	46
Figura 32 – Cubo de aresta 1u.a.....	47

Figura 33 – Paralelepípedo retângulo e suas dimensões.....	47
Figura 34 – Princípio de Cavalieri	48
Figura 35 – Abordagem Instrucionista de ensino	51
Figura 36 – Simulador de um circuito Arduino com o Tinkercad	52
Figura 37 – Abordagem Instrucionista x Construcionista	54
Figura 38 – Cena do terceiro ato da peça Robôs Teatrais de Rossum.....	55
Figura 39 – Cachorro-robô de Xangai.....	57
Figura 40 – Máquinas The Bombe e Enigma.....	58
Figura 41 – Sintaxe de programação utilizando o software S4A.....	61
Figura 42 – Interação aluno-computador-professor.....	62
Figura 43 – Design de Interação	67
Figura 44 – Placa Arduino Uno – R3.....	69
Figura 45 – Menu Ferramentas do software Arduino	71
Figura 46 – Interface gráfica do usuário do software Arduino	71
Figura 47 – Site S4A.cat.....	73
Figura 48 – Firmware Arduino.....	74
Figura 49 – Ícone Carregar	74
Figura 50 – Placa com comunicação	75
Figura 51 – Placa sem comunicação	75
Figura 52 – Papert e a tartaruga de chão (Floor Turtle)	76
Figura 53 – Ideia da metodologia DBR	95
Figura 54 – Ciclo de Redesign	97
Figura 55 – Dimensão Didática do Conhecimento	101
Figura 56 – Losango Didático	103
Figura 57 – Print do jogo Minecraft	113
Figura 58 – Componentes e ferramentas junto aos estudantes	115
Figura 59 – Modelo robótico.....	115
Figura 60 – Fórmula utilizada para o cálculo de área.....	116
Figura 61 – Equívoco na interpretação do problema.....	117
Figura 62 – Equipe de matemática do SOME.....	119
Figura 63 – Oficina de robótica: ligação dos componentes arduinos	120
Figura 64 – Oficina de robótica: circuito elétrico.....	120
Figura 65 – Construção dos braços robóticos	122
Figura 66 – Medição dos braços robóticos	122

Figura 67 – Medidas e áreas do protótipo braço	122
Figura 68 – Teste do movimento do servomotor	125
Figura 69 – Sintaxe para o movimento dos braços robóticos.....	125
Figura 70 – Acoplagem do servomotor	125
Figura 71 – Braços robóticos com os servos instalados.....	125
Figura 72 – Junção entre tronco e braços robóticos.....	125
Figura 73 – Braços robóticos acoplados ao tronco.....	126
Figura 74 – Movimento do braço robótico.....	126
Figura 75 – Exposição.....	126
Figura 76 – Medição da perna robótica	128
Figura 77 – Tabela com os resultados corrigidos	128
Figura 78 – Construção da base direcional	128
Figura 79 – Utilização de motores de sucata.....	128
Figura 80 – Montagem e acoplagem das rodas traseiras.....	129
Figura 81 – Confecção e montagem da roda direcional	129
Figura 82 – Análise e ligação dos componentes arduinos	130
Figura 83 – Anotação da posição dos jumpers conectados à placa arduino	130
Figura 84 – Base direcionada construída	130
Figura 85 – Utilização das anotações para a programação	131
Figura 86 – Caderno de anotações.....	131
Figura 87 – Revisão do algoritmo de programação.....	131
Figura 88 – Sintaxe de programação para o movimento direcional	132
Figura 89 – Testes dos componentes arduinos	133
Figura 90 – Reparo realizado para o terceiro teste	133
Figura 91 – Movimento direcional funcionando	133
Figura 92 – Caixas de papelão	135
Figura 93 – Caixa desfeita para o formato sugerido.....	135
Figura 94 – Confecção do tronco	136
Figura 95 – Tabela de valores.....	136
Figura 96 – Circuito em paralelo	137
Figura 97 – Acoplagem dos leds nos vértices	137
Figura 98 – Posicionamento dos leds	137
Figura 99 – Análise da placa Arduino	138
Figura 100 – Programação para ligação dos leds	139

Figura 101 – Sintaxe para acionar os leds.....	139
Figura 102 – Leds ligados direto na placa	139
Figura 103 – Junção do corpo com a cabeça	140
Figura 104 – Posicionamento entre cabeça e tronco	140
Figura 105 – Confeção da cabeça robótica	142
Figura 106 – Cabeça robótica	142
Figura 107 – Medidas da cabeça robótica.....	142
Figura 108 – Ligação dos leds em paralelo	143
Figura 109 – Solda do circuito em paralelo.....	143
Figura 110 – Circuito da cabeça robótica com os olhos	143
Figura 111 – Pescoço em formato cilíndrico.....	144
Figura 112 – Acoplagem do pescoço e saída do circuito	144
Figura 113 – Conexão dos jumpers da cabeça à placa Arduino	144
Figura 114 – Programação para o movimento da cabeça.....	144
Figura 115 – Sintaxe para o movimento da cabeça	145
Figura 116 – Acoplagem entre cabeça, tronco e pernas	145
Figura 117 – Protótipo robô direcional construído	145
Figura 118 – Exposição do projeto.....	149
Figura 119 – Oficina de robótica	149
Figura 120 – Esboço com as medidas e formatos a serem seguidos	149
Figura 121 – Cálculo da área do retângulo.....	151
Figura 122 – Cálculo da área do retângulo quadrado	151
Figura 123 – Problema envolvendo áreas: resposta 1	152
Figura 124 – Problema envolvendo áreas: resposta 2	152
Figura 125 – Erros ou descuidos: resposta 1	152
Figura 126 – Erros ou descuidos: resposta 2	152
Figura 127 – Tabela da aplicação	154
Figura 128 – Confeção dos braços robóticos.....	155
Figura 129 – Medição dos braços robóticos	155
Figura 130 – Acoplagem dos servomotores	155
Figura 131 – Acoplagem da placa arduino	156
Figura 132 – Programação para movimento dos braços robóticos	156
Figura 133 – Sintaxe para o movimento dos braços robóticos.....	156
Figura 134 – Construção das pernas robóticas	158

Figura 135 – Tabela com a aplicação	158
Figura 136 – Montagem da base direcional.....	158
Figura 137 – Teste dos jumpers.....	159
Figura 138 – Análise da programação	159
Figura 139 – Trabalho em conjunto para a sintaxe do movimento direcional	160
Figura 140 – Sintaxe do movimento direcional.....	160
Figura 141 – Construção do tronco.....	161
Figura 142 – Tabela da aplicação	162
Figura 143 – Montagem do circuito em paralelo.....	162
Figura 144 – Instalação dos leds nos vértices do tronco.....	162
Figura 145 – Construção da cabeça robótica	164
Figura 146 – Tabela da aplicação	164
Figura 147 – Instalação do circuito elétrico e montagem do servomotor	164
Figura 148 – Cabeça robótica montada.....	164
Figura 149 – Ligação dos jumpers e programação do servomotor	165
Figura 150 – Sintaxe para o movimento da cabeça	165
Figura 151 – Programação dos olhos robóticos	165
Figura 152 – Sintaxe para o acionamento dos leds.....	165
Figura 153 – Pintura dos protótipos com a temática da bandeira do Brasil	166
Figura 154 – Junção dos protótipos.....	166
Figura 155 – Régua para sustentação do corpo robótico.....	166
Figura 156 – Teste do robô direcional	167
Figura 157 – Robô direcional em funcionamento	167
Figura 158 – Robô direcional com sensor de presença	167
Figura 159 – Sintaxe para o movimento direcional com sensor de presença.....	167
Figura 160 – Oficina de robótica pedagógica	170
Figura 161 – Problema proposto a um robô específico	170
Figura 162 – Teste de sondagem	171
Figura 163 – Construção do braço robótico.....	175
Figura 164 – Revestimento do braço robótico	175
Figura 165 – Tabela de medidas.....	175
Figura 166 – Programação dos braços robóticos	177
Figura 167 – Sintaxe para os movimentos dos braços robóticos	177
Figura 168 – Construção da perna robótica.....	179

Figura 169 – Tabela de medidas.....	179
Figura 170 – Sucata	180
Figura 171 – Testes na base direcional	180
Figura 172 – Teste de polaridade dos motores	180
Figura 173 – Conexão da placa Arduino à ponte H.....	181
Figura 174 – Ligação da perna robótica à base direcional e à placa Arduino	181
Figura 175 – Oficina: ligação da ponte H.....	181
Figura 176 – Programação da base direcional	183
Figura 177 – Sintaxe para o movimento direcional.....	183
Figura 178 – Substituição dos motores.....	183
Figura 179 – Montagem da base direcional com os novos motores	183
Figura 180 – Caixa com o formato pedido no problema.....	185
Figura 181 – Recortes e revestimento do formato construído.....	185
Figura 182 – Tabela da aplicação	185
Figura 183 – Montagem do Circuito em paralelo	186
Figura 184 – Teste do circuito em Paralelo	186
Figura 185 – Junção do circuito da cabeça com o circuito do tronco.....	186
Figura 186 – Ligação entre os circuitos dos olhos e tronco.....	186
Figura 187 – Programação do circuito unido: tronco e cabeça robótica	187
Figura 188 – Sintaxe para o acionamento dos leds: olhos e tronco robótico	187
Figura 189 – Construção da cabeça robótica	189
Figura 190 – Cabeça robótica construída	189
Figura 191 – Tabela da aplicação	189
Figura 192 – Circuito dos olhos robóticos.....	189
Figura 193 – Cabeça robótica montada.....	189
Figura 194 – Programação para o movimento da cabeça.....	191
Figura 195 – Sintaxe para o movimento da cabeça	191
Figura 196 – Junção dos protótipos robóticos desenvolvidos pelas equipes.....	192
Figura 197 – Junção das sintaxes desenvolvidas pelas equipes	192
Figura 198 – Robô direcional com o uniforme da escola.....	192
Figura 199 – Exposição do funcionamento integral do robô.....	193
Figura 200 – Movimento da cabeça enquanto o robô movimenta-se para trás	193
Figura 201 – Sintaxe para o movimento integral do robô	193
Figura 202 – Ciclo de redesign DBR-TSL.....	196

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tempo de magistério dos docentes	31
Quadro 2 – Titulação dos docentes	31
Quadro 3 – Necessidades quanto ao ensino de geometria espacial	31
Quadro 4 – Forma pela qual o conteúdo de geometria espacial é abordado	32
Quadro 5 – Planejamento dos conteúdos	32
Quadro 6 – Principais sólidos ensinados em sala de aula	33
Quadro 7 – Dificuldades encontradas pelos alunos	34
Quadro 8 – Reconhecimento de um retângulo	115
Quadro 9 – Cálculo de áreas em superfícies retangulares.....	116
Quadro 10 – Problemas com áreas de superfícies retangulares	117
Quadro 11 – Reconhecimento de Prismas Retos.....	118
Quadro 12 – Elementos de um Prisma	118
Quadro 13 – Diálogo a respeito do formato a ser construído	121
Quadro 14 – Diálogo sobre as estratégias para a construção dos braços	121
Quadro 15 – Diálogo entre os estudantes sobre a utilização do software S4A	123
Quadro 16 – Diálogo sobre o servomotor	124
Quadro 17 – Diálogo sobre o movimento direcional.....	131
Quadro 18 – Diálogo sobre as medidas dos sólidos	135
Quadro 19 – Diálogo sobre a tensão correta a ser utilizada.....	138
Quadro 20 – Diálogo sobre a construção do cubo	141
Quadro 21 – Reconhecimento de um retângulo	150
Quadro 22 – Cálculo de áreas em superfícies retangulares.....	150
Quadro 23 – Problemas com áreas de superfícies retangulares	151
Quadro 24 – Reconhecimento de Prismas Retos.....	152
Quadro 25 – Elementos de um Prisma	153
Quadro 26 – Diálogo sobre a construção do braço robótico	154
Quadro 27 – Diálogo sobre a programação do braço robótico.....	155
Quadro 28 – Diálogo sobre a construção das pernas robóticas.....	157
Quadro 29 – Diálogo a respeito das conexões.....	158
Quadro 30 – Diálogo das estratégias para a construção dos sólidos	161
Quadro 31 – Diálogo 1 a respeito do formato	163
Quadro 32 – Diálogo 2 a respeito do formato	163

Quadro 33 – Reconhecimento de um retângulo	171
Quadro 34 – Cálculo de áreas em superfícies retangulares.....	172
Quadro 35 – Problemas com áreas de superfícies retangulares	172
Quadro 36 – Reconhecimento de Prismas Retos.....	173
Quadro 37 – Elementos de um Prisma	173
Quadro 38 – Dialogo a respeito do formato	174
Quadro 39 – Dialogo a respeito da programação.....	176
Quadro 40 – Dialogo a respeito do formato	178
Quadro 41 – Diálogo sobre as conexões.....	180
Quadro 42 – Diálogo a respeito da programação.....	181
Quadro 43 – Debate sobre a programação	182
Quadro 44 – Dialogo a respeito do formato	184
Quadro 45 – Diálogo para a programação dos leds	187
Quadro 46 – Diálogo a respeito do formato	188
Quadro 47 – Diálogo a respeito da sintaxe para o acionamento dos motores.....	190
Quadro 48 – Dados do teste de sondagem aplicado nas três escolas	199
Quadro 49 – Dados da construção da cabeça robótica das três escolas	199
Quadro 50 – Dados da construção do tronco robótico das três escolas	200
Quadro 51 – Dados da construção dos braços robóticos das três escolas	201
Quadro 52 – Dados da construção das pernas robóticas das três escolas	201

LISTA DE SIGLAS

- CAI – Computer Aided Instruction.
- DBR – Design-Based Research
- DERD – Descrição, Execução, Reflexão e Depuração.
- DRE – Diretoria Regional de Ensino.
- FEP – Fundação de Educação do Pará.
- GUI – Interface Gráfica do Usuário.
- IDE – Integrated Development Environment.
- IDII – Interaction Design Institute Ivrea.
- LPC – Linguagem de Programação de Computadores.
- MIT – Massachusetts Institute of Technology.
- NDR – Nível de Desenvolvimento Real.
- NDP – Nível de Desenvolvimento Potencial.
- S4A – Scratch for Arduino.
- STEAM – Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics.
- SOME – Sistema de Organização Modular de Ensino.
- TLS – Teaching-Learning Sequences.
- TIDIC – Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação.
- ZDP – Zona de Desenvolvimento Proximal.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. O SOME E A EDUCAÇÃO NO CAMPO	26
2.1 - O Ensino de Geometria no SOME da 11ª DRE.....	30
3. GEOMETRIA ESPACIAL	37
3.1 - Contexto Histórico.....	37
3.2 - O Estudo do Prisma.....	39
3.2.1 - Poliedros	39
3.2.3 - Prismas - Construção e Definição	43
3.2.4 - Prismas Retos.....	44
3.2.4.1 - Paralelepípedo.....	45
3.2.4.2 - Cubo ou Hexaedro Regular	46
3.3 - Princípio de Cavallieri	47
4. COMPUTADORES NA EDUCAÇÃO - O Papel das Máquinas no Ensino	49
4.1 - Instrucionismo - O computador como máquina de ensinar	51
4.2 - O Construcionismo - O computador como ferramenta de aprendizagem.....	52
5. CARACTERIZAÇÃO DE UM AMBIENTE DE ROBÓTICA EDUCACIONAL E O PENSAMENTO COMPUTACIONAL	55
5.1 - Robótica e Robô	55
5.2 - Algoritmo e Programação	57
5.3 - Pensamento Computacional na Educação Matemática.....	64
6. SCRATCH, ARDUINO E SCRATCH FOR ARDUINO – S4A	67
7. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: ROBÓTICA EDUCACIONAL, CONSTRUCIONISMO E O BRINQUEDO NA APRENDIZAGEM DO PRISMA REGULAR	76
7.1 - Robótica Educacional	76
7.2 - O Construcionismo.....	79
7.3 - O Brinquedo na Aprendizagem.....	89
8. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	92
8.1 – Design Experiments / DBR – Design-Based Research.....	109

8.1.2 – Sequência de Atividades / TLS - Teaching-Learning Sequences.....	100
8.2 – O Experimento.....	105
8.3 – Construção do Protótipo Robô.....	106
8.4 – Coleta de Dados.....	110
9. ANÁLISE E DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO.....	113
9.1 Escola 01	113
9.1.1 Experimento 01 – Braços Robóticos.....	120
9.1.2 Experimento 02 – Pernas Robóticas	127
9.1.3 Experimento 03 – Tronco Robótico	134
9.1.4 Experimento 04 – Cabeça Robótica	141
9.2 Escola 02	148
9.2.1 Experimento 01 – Braços Robóticos.....	153
9.2.2 Experimento 02 – Pernas Robóticas	157
9.2.3 Experimento 03 – Tronco Robótico	160
9.2.4 Experimento 04 – Cabeça Robótica	163
9.3 Escola 03	169
9.3.1 Experimento 01 – Braços Robóticos.....	174
9.3.2 Experimento 02 – Pernas Robóticas	177
9.3.3 Experimento 03 – Tronco Robótico	184
9.3.4 Experimento 04 – Cabeça Robótica	188
10. ANÁLISE DOS DADOS.....	199
11. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	203
REFERÊNCIAS.....	207
APÊNDICES.....	216
APÊNCICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO	216
APÊNCICE B – PRÉ-TESTE	217

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento desta pesquisa iniciou-se a partir da necessidade de integrar os campos de saberes matemática e suas tecnologias e ciências da natureza (Física), lecionados nas três séries do ensino médio, do Sistema Organização Modular de Ensino – SOME, da Secretaria do Estado de Educação – SEDUC-PA, a um conteúdo, que, de forma interdisciplinar, desperte aos estudantes o interesse em querer desenvolver determinada atividade escolar. Desta forma, considerando as peculiaridades do SOME, quanto aos blocos de disciplinas, nos quais matemática e física pertencem ao mesmo bloco, e aos projetos que devem contemplar a carga horária destes campos. Pretende-se buscar soluções tecnológicas a partir das dificuldades encontradas pelos alunos, no que se refere aos conteúdos relacionados a geometria, especificamente a Geometria Espacial, nas turmas do 3ºano do Ensino Médio – SOME, dos Polos da 11ª DRE (Diretoria Regional de Ensino), das quais, pode-se destacar as dificuldades encontradas na aprendizagem de conteúdos quando ministrados apenas na lousa ou a falta de concentração na aula pelos estudantes, que, em sua maioria, distraem-se facilmente, seja pelo desinteresse ou por distrações ligadas aos recursos tecnológicos como smartphones (aplicativos, jogos,...), utilizados fora do contexto escolar.

Ao apropriar-se de experiências docentes, no conteúdo de Prismas Retos, 3ª série do ensino médio, observou-se que, a partir das atividades geométricas desenvolvidas em sala de aula, grande parte dos alunos apresentavam dificuldades como: medidas, cálculo de áreas e visualização tridimensional, o que, supõe-se, sejam problemas recorrentes a séries anteriores, quanto ao ensino de geometria, ou ainda, a falta de motivação para compreendê-la.

Rogenski e Pedroso (2009, p. 5) afirmam que:

[...] os alunos têm amplas dificuldades, primeiramente com relação à visualização e representação, pois reconhecem poucos conceitos da geometria básica e, por conseguinte da geometria espacial. Também apresentam problemas de percepção das relações existentes entre os objetos de identificação das propriedades das figuras que formam os sólidos, dentre outros conceitos. (ROGENSKI; PEDROSO, 2009, p. 5).

A partir destas dificuldades, entendeu-se que de alguma forma dever-se-ia adequar estas aulas com as tecnologias utilizadas pelos estudantes. Dessa reflexão procurou-se investigar a relação dos estudantes com as tecnologias digitais e buscar,

a partir de uma sequência de atividades, envolvendo, inclusive, outros campos de saberes, Ciência (Física), uma maior interação com o conteúdo, de forma palpável, lúdica e criativa, a partir de agentes tecnológicos.

Segundo Fonseca (2001, p.91):

A preocupação em se resgatar o ensino da Geometria como uma das áreas fundamentais da Matemática tem levado muitos professores e pesquisadores a se dedicarem à reflexão e à elaboração, implementação e avaliação de alternativas, que busquem superar as dificuldades não raro encontradas na abordagem desse tema, na escola básica ou em níveis superiores de ensino. (FONSECA, 2001, p.91).

Acredita-se que a falta de motivação para estudar um dado conteúdo, possa ser a causa de, ainda hoje, professores se depararem com atitudes irregulares em sala de aula como: uso de smartphones, conversas paralelas, saída da sala, dentre outros, o que corrobora, a partir das experiências docentes, para a reprovação ou discriminação do discente, sem que o aspecto didático/metodológico seja avaliado. Para Kupfer (1995, p. 79), "... o processo de aprendizagem depende da razão que motiva a busca de conhecimento", ressaltando que os alunos precisam ser provocados para que sintam a necessidade de aprender. Antunes (2000, p. 13), ratifica a importância da motivação na aprendizagem afirmando que "Essa nova visão permite que os estudantes se sintam libertos para crescer em direção ao que seu arbítrio assinalar e os professores não precisarão mais competir com as agências de informação. Os professores serão estimuladores e transformadores de informação e conhecimento".

O uso crescente das tecnologias e a velocidade com que as mesmas chegam à sociedade, seja através dos smartphones, smart tvs ou mesmo aplicativos utilizados nas mais diversas lojas, faz-se necessário que o professor busque novos conhecimentos, que possam acompanhar seus alunos na perspectiva dos avanços e mudanças que ocorrem no mundo. Esta necessidade é abordada por Cortelazzo (1996, p. 20), o qual discorre sobre a angústia dos professores por serem cientes de que precisam de novos conhecimentos e/ou de mudarem seus métodos, em sala de aula, frente às mudanças do mundo, porém, que os mesmos e a própria escola não sabem como.

Essa problemática foi ressaltada por Cabral (2010, p.58) no que diz respeito à relação entre a formação dos professores e as situações práticas de ensino, descrevendo o professor como um aplicador de técnicas, por, na perspectiva da busca

do conhecimento, não ser capaz de tomar decisões acerca de seu próprio aperfeiçoamento, atribuindo a causalidade a sua formação profissional.

Os debates, a respeito do ensino e aprendizagem de matemática, geraram a necessidade em se buscar ferramentas que possibilitassem maior interação com o meio onde os estudantes estejam inseridos. Assim, a partir do conteúdo de Prismas Retos, procurou-se, junto aos estudantes, apresentar um conhecimento mais palpável, mais visível e com resultados concretos, ligados a agentes tecnológicos: computadores, aplicativos..., utilizando fatores socioculturais e motivacionais a partir do produto a ser construído, um protótipo robô.

Segundo Almeida (1999),

[...] o computador favorece a transformação das aulas tradicionais, excessivamente diretivas e instrucionais, em ações cooperativas entre alunos e professores, nas quais todos se organizam como parceiros e aprendizes. (ALMEIDA, 1999, p. 33).

Desta forma, a pesquisa aconteceu na própria sala de aula, no horário dos professores (pesquisador e participantes), a partir do conteúdo de Prismas Retos, onde foi abordado o passo a passo da confecção dos sólidos, partindo da geometria plana, com suas medidas e áreas, até a planificação e montagem dos mesmos, utilizando materiais artesanais, à medida que se procurou desenvolver a criatividade e a coletividade, conforme Vygostsky (1994, p.117), “O aprendizado desperta vários processos internos que são capazes de operar somente quando a criança interage com as pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros”. O produto das atividades serviu para a criação de um protótipo robô direcional, utilizando o kit Arduino-uno, o qual funcionou como o “esqueleto” do experimento, e, os sólidos confeccionados, como o “corpo”. Para o controle dos movimentos (cabeça, braços e pernas robóticas) foi utilizado o software Scratch for Arduino – S4A, que é uma modificação do Scratch do Massachusetts Institute of Technology (MIT), o qual fora programado com sintaxes direcionadas a movimentos geométricos, acionados remotamente, buscando a correlação entre os conteúdos ministrados, os agentes tecnológicos utilizados e o Pensamento Computacional.

Nesse sentido, a sequência de atividades ocorreu, inicialmente, com oficinas tecnológicas (Robótica Pedagógica), com a intenção de sanar as principais deficiências para a execução do projeto, a partir de atividades pré-definidas e direcionadas. Estas oficinas foram desenvolvidas com o uso do software educacional Scratch for Arduino – S4A e o kit Arduino-Uno, em sala de aula, com o uso de laptops,

além de aparelhos e componentes eletrônicos, relacionando os campos de saberes, matemática (geometria) e física (circuito elétrico), de forma interdisciplinar, à plataforma tecnológica (computador e software).

O referencial teórico subjacente está associado ao Construcionismo de Seymour Papert, pesquisador matemático do Massachusetts Institute of Technology (MIT), o qual considera o computador como uma ferramenta para a construção do conhecimento e para o desenvolvimento do aluno (ALMEIDA, 2000). E a metodologia utilizada foi a *Design Experiments / DBR (Design-Based Research)*, escolhida por permitir a realização de uma avaliação formativa para executar e refinar projetos educacionais, a partir de uma sequência de atividades, as quais serão orientadas por meio das TLS (Teaching-Learning Sequence - Sequências de ensino-aprendizagem, tradução nossa), o que servirá como subsídio para a avaliação e o aprimoramento dos projetos desenvolvidos no SOME.

O ato de construir ou manipular um robô encontra grandes similaridades ligadas à atividade lúdica e, portanto, ao ato de brincar. Sejam crianças ou jovens, todo brinquedo, possui, segundo Vygostsky (2004), uma situação imaginária e um conjunto de regras que podem aparecer de forma explícita ou implícita. Nesta configuração, temos o robô como um objeto estruturalmente matemático, à medida que sua construção e manipulação exige a utilização de tais conceitos, sejam eles lógicos, numéricos ou geométricos. O aspecto matemático da construção do robô num ambiente de Robótica Pedagógica será utilizado como parte do conjunto de regras de um jogo. Desta forma, com a pesquisa, pretende-se tornar explícitas essas regras, no tocante ao ensino de Geometria Espacial, em específico, de Prismas Retos, como parte dos objetos matemáticos ocultos na construção dos robôs.

Considerando o crescente acesso das ferramentas tecnológicas nas escolas e no convívio dos alunos, fez-se necessário a inserção de metodologias específicas e aprimoramentos didáticos para que se tivesse uma linguagem única na relação professor-aluno em sala de aula, conforme Valente (1999, p.107) “A possibilidade que o computador oferece como ferramenta para ajudar o aprendiz a construir o conhecimento e a aprender o que faz, constitui uma verdadeira revolução do processo de aprendizagem”. Daí o interesse em juntar-se o que o aluno já possui, do conhecimento tecnológico ao senso criativo, com o conteúdo que o professor possui da disciplina, metodologias específicas, para construir um produto com resultados satisfatórios aos envolvidos, à medida que possibilita a exploração de conteúdos

interdisciplinares, neste trabalho: Matemática e Física, bem como o desenvolvimento do Pensamento Computacional, a engenharia e o debate quanto a aspectos ambientais: reaproveitamento e reciclagem.

Portanto, este trabalho tem como finalidade dar suporte aos professores de matemática tentando suprir as dificuldades encontradas no conteúdo de Prismas Retos, nas turmas do 3ºano do ensino médio, com o intuito de responder a seguinte questão: **O uso da Robótica educacional, em sala de aula, por meio de uma sequência de atividades, torna o ensino e aprendizagem de Prismas Retos mais eficaz?**

Para tanto ressalta-se como Objetivo Geral: **Analisar quais as potencialidades de uma sequência de atividades, utilizando robótica educacional, para o processo de ensino e aprendizagem de Prismas Retos, a partir da construção de protótipos robotizados.** Mostrando, dessa forma, que a tecnologia, quando bem explorada, pode tornar-se um grande aliado no processo educacional.

A pesquisa envolve atividades que pretendem proporcionar condições aos alunos do 3º ano do Ensino Médio a demonstrar suas intuições acerca de como modelar os sólidos geométricos, especificamente os Prismas Retos: Quadrangular regular, Paralelepípedo retângulo e Cubo, utilizando conceitos da geometria plana, áreas e perímetros das superfícies, ao mesmo tempo que explora a criatividade de cada um, a partir de conceitos da arte (design e pintura) do meio ambiente (reciclagem, reaproveitamento de sucata...), da engenharia (construção e manipulação dos componentes eletrônicos) e da computação (programação), até a formação do sólido, observadas as estratégias utilizadas para realiza-las.

Brasil (2018, p. 536) informa que o aluno deverá ter a habilidade de:

(EM13MAT309) Resolver e elaborar problemas que envolvem o cálculo de áreas totais e de volumes de prismas, pirâmides e corpos redondos em situações reais (como o cálculo do gasto de material para revestimento ou pinturas de objetos cujos formatos sejam composições dos sólidos estudados), com ou sem apoio de tecnologias digitais. (BRASIL, 2018, p. 536).

Na programação será utilizado o software educacional Scratch for Arduino-S4A, programação em blocos, com a utilização de hardwares, Arduino-uno e periféricos, pelos quais serão propostas atividades voltadas aos movimentos e acionamentos dos dispositivos robóticos, leds, motores e sensores, como forma de incentivar o

pensamento computacional, à medida que se discorre a respeito dos elementos dos Prismas Retos.

A partir das atividades, almeja-se alcançar os seguintes objetivos:

- Verificar se a partir de uma sequência de atividades lúdicas, na construção de sólidos geométricos, envolvendo Arte, geometria plana e tecnologia, o ensino das áreas das superfícies do Prisma Reto apresenta potencialidades em seu aprendizado.
- Verificar se com as medições e a construção de cada protótipo robotizado, o experimento apresenta potencialidades quanto a visualização e reconhecimento de Prismas Retos.
- Observar se o uso de tecnologia em sala de aula, agregado ao uso de circuitos elétricos acoplados aos elementos de Prismas Retos, apresentam potencialidades para o ensino interdisciplinar entre física e matemática.
- Observar se com a utilização do software educacional Scratch for Arduino – S4A, durante a programação da placa Arduino-UNO, desencadeamos aos alunos estímulos ao pensamento computacional.

Para o desenvolvimento desse trabalho, levantou-se o contexto histórico da Robótica educacional, como ciência responsável pelo estudo dos robôs, considerando seu advento como uma aplicação no âmbito educacional dos recursos tecnológicos que já existem no ambiente industrial. Procurou-se também apontar definições, conceitos, para os elementos centrais que envolvem nosso trabalho: Robô, Robótica, Algoritmo, Programação em blocos e o Pensamento Computacional. Essas definições servirão para balizar nossa pesquisa.

Considerando os objetivos, a pesquisa foi realizada utilizando algumas literaturas técnicas e pedagógicas, bem como o uso do google acadêmico, com leitura de vários trabalhos científicos (artigos, dissertações e teses), dos quais cito as dissertações abaixo, que utilizam a robótica como agente facilitador para o ensino e serviram como parte da referência para o desenvolvimento deste trabalho.

Em Leitão (2010) – A dança dos robôs – Qual a matemática que emerge durante uma atividade lúdica com robótica educacional, a autora fez uso da metodologia Design Experiments para identificar as ideias matemáticas que surgiam a partir da interação dos alunos do 9º ano com artefatos robóticos. A autora, inicialmente, comparou a interação com o robô ao ato de brincar e posteriormente, com a perspectiva construcionista de micromundo de aprendizagem. Utilizou-se do kit

Lego Mindstorms, para a construção de protótipos robotizados, e do ambiente LOGO de programação, através de oficinas e posteriormente como atividades, das quais foram observados, durante a execução das mesmas, os indícios de conhecimentos matemáticos. Em Lima (2009) – Construcionismo de Papert e ensino-aprendizagem de programação de computadores no ensino superior, faz-se um levantamento histórico da evolução das Tecnologias de informação e a inserção do computador na educação sobre a perspectiva de Seymour Papert, na defesa da inserção da linguagem de programação LOGO enquanto ferramenta facilitadora da aprendizagem de programação. E, em Silva (2018) – Pensamento Computacional e a formação de conceitos matemáticos nos anos finais do ensino fundamental: Uma possibilidade com kits de robótica, o autor procura desenvolver o pensamento computacional nos alunos do 9º ano utilizando atividades com o uso do Arduino UNO e o Scratch for Arduino-S4A.

Este trabalho foi dividido em 9 capítulos:

No Capítulo I são apresentados os pressupostos teóricos e metodológicos pautados para o desenvolvimento desta pesquisa: Design Experiments e o Construcionismo.

No Capítulo II, ocorre, de forma sucinta, um breve histórico e como funciona o Sistema de Organização Modular de Ensino – SOME, como os campos de saberes são organizados, os circuitos, bem como os projetos que complementam a carga horária. Neste capítulo é apresentado, também, uma pesquisa realizada em 2021, com professores do SOME da Regional em questão, a respeito das dificuldades dos estudantes nos conteúdos de Geometria Espacial.

No Capítulo III é exposto um breve histórico de como a geometria se desenvolveu no decorrer do tempo, bem como, expõe-se a abordagem conceitual e didática do estudo dos Prismas: características, classificação e elementos.

No capítulo IV é abordado a respeito do papel dos computadores no ensino, mostrando as principais diferenças entre Instrucionismo e Construcionismo, em que será apontado o contexto histórico de cada teoria, bem como os principais softwares desenvolvidos.

No Capítulo V são traçadas as principais características de um ambiente de robótica educacional, fazendo um levantamento histórico a respeito da robótica, do surgimento dos primeiros robôs, classificação e características, até o seu uso no âmbito

escolar. É apresentado o conceito de algoritmo e programação, bem como desenvolvimento do Pensamento Computacional no ensino de matemática.

No Capítulo VI apresenta-se um levantamento histórico a respeito da placa Arduino, sua IDE, seus principais componentes, sua programação, bem como os detalhes para o seu manuseio até sua instalação. É apresentado os caminhos para a utilização da placa Arduino com o software educacional Scratch for Arduino – S4A, principais características da programação em bloco até o sincronismo com a placa.

No Capítulo VII é apresentado o referencial teórico a respeito da robótica educacional a partir do Construcionismo de Seymour Papert, mostrando as principais características e as bases para a construção da teoria, bem como sua aplicabilidade. É apresentado ainda a brincadeira e o brinquedo na aprendizagem fazendo um comparativo entre o ato de construir e a cultura lúdica na perspectiva de Vygotsky.

No Capítulo VIII é apresentada a metodologia Design Experiments, seus precursores, o contexto histórico e as características. Serão abordados os critérios e técnicas de avaliação e os ciclos de redesign, bem como as técnicas observacionais aplicadas. Serão abordados também, as características das sequências de atividades sob a perspectiva das TLS, quanto ao desenvolvimento interdisciplinar entre matemática e ciência (física). Constará, ainda, as principais características do experimento, da oficina de robótica pedagógica à construção e programação do protótipo robô.

No Capítulo IX, são apresentados os experimentos desenvolvidos nas terceiras séries do ensino médio – SOME, das três escolas, descrevendo o passo a passo de cada experimento, as atividades e seus resultados.

No Capítulo X, é apresentada a análise dos dados das três escolas submetidas ao experimento.

O Capítulo XI é destinado às considerações finais deste trabalho, com a análise dos resultados obtidos à luz dos fundamentos teóricos, relacionando-os com os pressupostos metodológicos. Confrontando-se os resultados com as questões da pesquisa e apontando alguns elementos que podem nortear ou subsidiar pesquisas futuras relativas à robótica educacional.

2 – O SOME E A EDUCAÇÃO NO CAMPO.

O Sistema de Organização Modular de Ensino- SOME, é uma política de educação pública, gerenciado pela Secretaria Estadual de Educação do Pará – SEDUC. Foi idealizado em fins de 1979 e início de 1980, pelo professor Manoel Campbel Moutinho e sua equipe da Fundação de Educação do Pará – FEP, com o intuito de sanar os problemas de continuidade educacional de moradores do espaço rural (homem do campo, ribeirinhos, Quilombolas e indígenas) com distâncias geográficas significativas do espaço urbano ou a própria impossibilidade de tal deslocamento. Com o propósito de ampliar a inclusão educacional no estado, adotou-se um projeto cuja ideia principal era fazer com que o professor fosse até o aluno e não o contrário como no ensino regular. Seu funcionamento efetivo se deu a partir de 15 de abril de 1980, com a implantação em 04 municípios do estado do Pará: Curuçá, Igarapé-Açu, Nova Timboteua e Igarapé-Miri. A partir de uma avaliação técnica o projeto se consolidou como proposta de funcionamento e alternativa de ensino, o que possibilitou sua ampliação no ano de 1981 com a implantação nos municípios como Ponta de Pedras, Mocajuba, São Francisco do Pará e Maracanã. E mais tarde em todo estado do Pará através da resolução nº 161/82, do Conselho Estadual da Educação, sendo homologado e passando para responsabilidade da SEDUC, que assumiu a gestão do projeto desde então, tornando posteriormente, em 2014, uma política pública, permanente, voltada à Educação no Campo, Lei 7.806/14 (SOUSA, 2020). As habilidades utilizadas nos municípios era a do magistério e a Básica em Administração.

Esse modelo se ajustou tão bem à complexidade geográfica dessa parte da região amazônica, que atravessou os tempos [...] tendo passado por vários governos, consolidando-se no quadro educacional da Secretaria Executiva de Educação do Estado (SEDUC), saindo de esfera de projeto para ser efetivamente uma Política Pública de Educação do Estado do Pará. (COSTA; OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2020, p.25).

O projeto SOME serviu de referência para alguns países como o México; estados como Amapá e outros; assim como em diversos municípios que o utilizou como referência no ensino fundamental como: Abaetetuba, Aveiro, Concórdia do Pará, Tomé-Açu e outros. Destaca ainda que o projeto serviu de referência para a estrutura de funcionamento da Universidade do Estado do Pará – UEPA e Universidade Federal do Pará – UFPA nos Campus Universitários dos interiores (COSTA; OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2020).

O Sistema Modular funciona em regime de parceria entre Estado e Município. O Estado se responsabiliza pelo suporte pedagógico e com os professores e o município com a estrutura física, como sala de aula e alojamento para os mesmos. Sua estrutura obedece a todas as diretrizes do ensino regular, como os 200 dias letivos e a mesma grade curricular. As localidades são atendidas em forma de circuito, cada circuito é formado por 04 localidades e, para cada localidade, são oferecidos 04 módulos, sendo cada módulo formado por bloco de disciplinas, a partir dos campos de saberes afins, com duração de 50 dias letivos. Isto é, durante o ano letivo os professores são divididos em equipes que se deslocam, em forma de rodízio, pelas localidades que integram o mesmo circuito, a cada término de 50 dias da equipe na localidade outra equipe de professores é enviada com o próximo bloco de disciplinas. Ao final do ano letivo, o aluno conclui uma série, sempre obedecendo às exigências curriculares legais.

Quanto à lotação, cada professor do Sistema Modular é lotado com 200hs. Os casos em que o professor não atinja esta carga horária em sala de aula, o mesmo desenvolve projetos educacionais, no contraturno, com a carga horária complementar. Os projetos envolvem atividades como: cursos preparatórios para o vestibular, seminários, palestras, festivais de mitos e lendas, teatro, figura 1, encontros intermunicipais, oficinas pedagógicas, oficinas de português e matemática básica, feiras culturais e/ou ainda projetos interdisciplinares, figura 2 e figura 3, com aproveitamento dos conteúdos ministrados durante o módulo. Dessa forma, parte da carga horária do professor é destinada a projetos de intervenções.

Figura 1- Peça O Problema dos 35 Camelos.



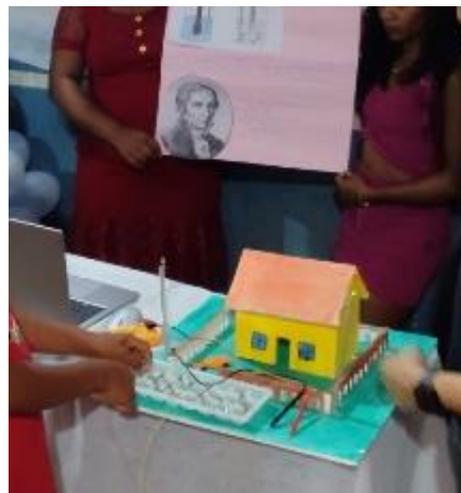
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 2 - Energia Eólica.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 3 - A Pilha de Daniel.



Fonte: Arquivo pessoal.

Quanto a avaliação, o SOME até o ano de 2011 obedecia a mesma utilizada no regular, com 04 notas lançadas no diário. A partir de 2012, houve alteração na forma como as notas eram lançadas no diário, condensando as avaliações para apenas 02 Notas no diário. Vale salientar que essa mudança não impôs critérios de avaliação para o professor, apenas nos diários, efeito técnico administrativo. Já no Ano de 2022, com a implantação do novo ensino Médio, todas as mudanças ocorridas no Ensino regular foram transmitidas ao ensino modular, onde destacam-se a aplicação dos projetos Integrados e projetos de vida.

O SOME na 11ªDRE (Diretoria Regional de Ensino) abrange os municípios de Bujaru, Concórdia do Pará e Tomé-Açu. Em Concórdia do Pará atende as localidades rurais, Quilombo Cravo, Vila do Galho, Vila do São Benedito II, Vila Jutai e Quilombo Campo Verde.

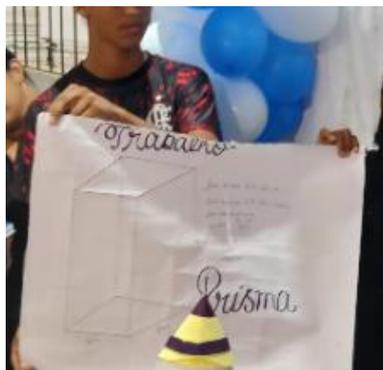
O ensino de matemática e suas tecnologias no SOME pertence ao bloco de disciplina que agrupam os campos de saberes Matemática e Física no mesmo Módulo. No circuito de Concórdia do Pará, a partir das dificuldades enfrentadas em sala de aula, a equipe procura desenvolver no contra turno oficinas de matemática básica, cursos preparatórios para o vestibular, bem como projetos interdisciplinares com experimentos relacionados aos conteúdos ministrados, com destaque para as feiras STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática), as quais conseguem agregar os conhecimentos de Matemática, figura 4 e 5, e Física, figuras 6, 7 e 8, das Três séries do Ensino Médio, através de experimentos e protótipos previamente planejados entre a equipe de professores.

Figura 4 - Trajetória de um foguete químico.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 5 - Exposição dos sólidos construídos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 6 - Barco à Vapor.



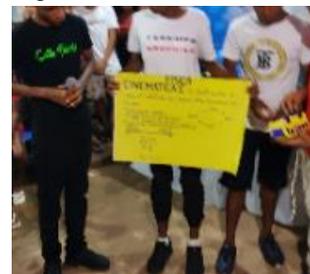
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 7 - Maquetes Geométricas.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 8 - Carro elétrico.



Fonte: Arquivo pessoal.

Ressalta-se que os projetos desenvolvidos levam sempre em consideração a realidade de cada localidade, os meios de produção e o interesse do aluno em querer desenvolver as atividades e experimentos.

O Sistema Modular possibilitou a expansão do ensino médio presencial no estado do Pará, buscando um suporte teórico e metodológico que dirija suas ações pedagógicas. Na sua gênese elabora suas ações educativas formando cidadão socialmente crítico e atuante que compreenda o contexto global e onde está inserido, tendo a tendência pedagógica identificada como “pedagogia libertadora”, representada pelo educador Paulo Freire.

O SOME hoje atua em aproximadamente 86 municípios e 454 localidades no Estado, com aproximadamente 30 mil alunos e 1200 professores. A Secretaria Estadual de Educação do Pará (SEDUC-PA) possui vinte Diretorias Regionais de Ensino (DRE), que foram criadas com o objetivo de descentralizar a gestão das escolas, o que antes funcionava apenas na sede da SEDUC. (COSTA; OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2020).

2.1 – O Ensino de Geometria no SOME da 11ª DRE.

Com o intuito de fazer uma análise de como está o ensino de Geometria Espacial no SOME, realizou-se uma pesquisa, por meio do Google Forms, com os professores de matemática do 3º Ano do Ensino Médio, do Sistema de Organização Modular de Ensino da 11ª DRE (municípios de Bujaru, Concórdia do Pará e Tomé-Açu), referente às dificuldades encontradas pelos estudantes ao se deparam com este conteúdo, buscando, a partir das experiências em sala de aula, as possíveis causas e deficiências observadas em cada tópico explorado pelos docentes, à medida que se busca diagnosticar os fatores que levam os professores a trabalharem ou não determinados elementos da geometria espacial, as dificuldades enfrentadas, os recursos utilizados e a metodologia empregada.

O SOME na 11ª DRE, atende 16 Polos (Vilas) divididos entre os municípios de Bujaru, Concórdia do Pará e Tomé-Açu, responsáveis por levar o ensino da matemática a aproximadamente 5.000 estudantes do Ensino Médio. Estes 16 Polos são atendidos por 13 professores de matemática que atuam sob a forma de revezamento entre os Polos, por circuitos de lotação, onde cada professor passa por um ou mais terceiros anos, favorecendo assim a aplicação do questionário a todos.

A primeira parte do instrumento continha 15 questões, e pretendia traçar o perfil dos professores quanto a titulação acadêmica, tempo de serviço, metodologias de ensino, formação continuada, recursos didáticos, currículos e avaliação, bem como saber quais assuntos relacionados à geometria espacial o professor costuma ensinar e, no tocante às dificuldades do aluno, quais os tópicos que apresentam mais rejeição durante a explanação em sala de aula.

A segunda parte do instrumento continha 04 questões específicas com 16 questionamentos a respeito das dificuldades encontradas pelos alunos, relacionadas, principalmente, à identificação, áreas das faces e volumes dos sólidos geométricos.

O trabalho foi realizado no período de 05 de dezembro de 2020 a 30 de janeiro de 2021, onde os professores de matemática foram submetidos ao formulário. Vale ressaltar que todos concordaram com a pesquisa de acordo com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado pelos participantes.

Para obter os resultados e as análises, separamos os questionários em blocos de abordagem da seguinte maneira: perfil do docente, metodologias de ensino,

recursos didáticos, currículo, avaliação, conteúdo e dificuldades encontradas pelos alunos.

Quanto ao gênero, a maioria dos docentes do SOME / 11ªDRE são do sexo masculino com idades entre 35 a 55 anos. Quanto ao tempo de serviço, como professor da rede pública, obteve-se:

Quadro 1 – Tempo de magistério dos docentes.

Tempo de Serviço	Nº de professores
Menos de 05 anos	02
De 05 a 10 anos	02
De 11 a 15 anos	03
De 16 a 20 anos	03
De 26 a 30 anos	03

Fonte: Pesquisa de Campo.

Quanto à titulação acadêmica obteve-se:

Quadro 2 – Titulação dos Docentes.

Titulação	Nº de Professores
Apenas com Graduação	01
Especialista	11
Mestrado	01

Fonte: Pesquisa de Campo.

Ao perguntar do que sentiam falta durante as aulas de Geometria Espacial, obteve-se:

Quadro 3 – Necessidades quanto ao ensino de Geometria Espacial.

Em relação às Aulas de Geometria Espacial	Nº de Professores
Falta de uma formação inicial sólida	07
Falta de metodologias diferenciadas de ensino	03
Falta de compreensão dos conceitos matemáticos	01
Falta de formação continuada	02

Fonte: Pesquisa de Campo.

O que revelou a necessidade de aprimoramentos e metodologias nas disciplinas da graduação, bem como o baixo interesse nos cursos de formação continuada, justificada pela maioria, quando questionados a respeito da oferta de cursos de formação em suas instituições, cujas respostas foram: oferta rara ou nunca ofertada.

Questionados “como costumam iniciar as aulas de Geometria Espacial?”. Os dados revelaram que:

Quadro 4 – Forma pela qual o conteúdo de Geometria Espacial é abordado.

Como Iniciam as aulas de Geometria Espacial	Nº de Professores
Pelo conceito seguido de exemplos e exercícios	03
Com situação problema para depois introduzir o assunto	09
Outras formas	01

Fonte: Pesquisa de Campo.

“Geralmente, começo fazendo um pequeno paralelo entre a geometria plana e a espacial, depois, costumo desmembrar uma figura espacial em partes planas e depois trabalho os conceitos de plano, reta e pontos. Daí, aplico essas informações na resolução de problemas” (entrevistado).

Quando perguntados sobre “de que forma os conteúdos matemáticos são planejados”, as respostas foram:

Quadro 5 – Planejamento dos conteúdos.

Planejamento dos Conteúdos	Nº de professores
Utilizam a BNCC	04
Utilizam o livro didático	04
Utilizam cadernos e orientações da rede de ensino.	01
Outros mecanismos em seus planejamentos como: matriz do ENEM, Internet, livros e revistas...	04

Fonte: Pesquisa de Campo.

Apesar das diversas formas mencionadas para o planejamento dos conteúdos, o livro didático ainda é bastante utilizado pelos professores, porém, sua utilização vem abrindo espaço a outros acervos bibliográficos.

No quesito avaliação, observou-se que 12 dos professores fazem avaliação por meio de provas, 9 fazem uso de trabalhos em grupo ou individuais e 4 avaliam as produções no caderno. O que demonstra que a grande maioria se utiliza da prova escrita como principal mecanismo de avaliação.

Foi apresentado aos professores um quadro com os principais sólidos geométricos a serem trabalhados em sala aula, dos quais observou-se que pelo menos três sólidos eram ensinados por todos, conforme quadro 6.

Quadro 6 – Principais sólidos ensinados em sala de aula.

Tópicos	Costuma ensinar	Não costuma ensinar
Prisma Quadrangular Regular	11	02
Prisma Triangular Regular	10	03
Paralelepípedo	13	00
Cubo	13	00
Cilindro	13	00
Cone Reto	10	03
Pirâmide Quadrangular Regular.	09	04
Pirâmide Triangular Regular	07	06
Esfera	10	03

Fonte: Pesquisa de Campo.

A partir dos dados, verificou-se que conforme os sólidos exijam uma abordagem aritmética mais interpretativa ou um pré-requisito mais abrangente da geometria plana, os tópicos vão sendo suprimidos, a partir do grau de dificuldade dos alunos. Confirmada a partir do quadro 7, onde foram questionados a respeito do grau de dificuldade encontrado pelos alunos durante a explanação de cada sólido geométrico em sala de aula.

Quadro 7 – Dificuldades encontradas pelos alunos.

Tópicos	Muito Fácil	Fácil	Difícil	Muito Difícil	Não se aplica
Prisma Quadrangular Regular		09	04		
Prisma Triangular Regular		05	08		
Paralelepípedo	01	09	03		
Cubo	02	10	01		
Cilindro		07	06		
Cone Reto	01	04	07		01
Pirâmide Quadrangular Regular.	01	01	08	03	
Pirâmide Triangular Regular		03	08		02
Esfera	01	05	06	01	

Fonte: Pesquisa de Campo.

Com o intuito de detectar as principais dificuldades durante a caracterização de cada sólido geométrico, apresentou-se quatro questionamentos específicos sobre o desempenho dos alunos ao lidarem com o conteúdo:

Questão 01 - Nas aulas do conteúdo de Geometria Espacial, quais dificuldades, dos alunos, você apontaria quanto a identificação dos sólidos geométricos?

- 03 professores apontaram dificuldades na similaridade entre alguns sólidos geométricos;
- 10 professores apontaram dificuldades quanto a não observância nos detalhes da definição de cada sólido geométrico;
- 01 professor apontou dificuldades em relacionar os sólidos geométricos aos objetos do dia-a-dia;
- 11 professores apontaram dificuldades em “enxergar” os objetos tridimensionais;

Analisando os resultados no quesito “identificar um sólido geométrico” observou-se um apontamento, quase que unanime, na dificuldade em enxergar os objetos tridimensionais, bem como, a dificuldade em observar os detalhes da definição.

De acordo com Becker (2009, p.20)

É fundamental que o aluno adquira e desenvolva habilidades que permitam entender e interpretar diferentes tipos de representações bidimensionais de

objetos tridimensionais, ou seja, habilidades que permitam ao aluno criar, mover, transformar e analisar imagens mentais de objetos tridimensionais, gerados por uma informação dada através de um desenho plano. Os tipos de atividades propostas nos livros não permitem o desenvolvimento dessas habilidades por não oportunizarem aos alunos a experiência e a possibilidade da criação de suas próprias hipóteses. (BECKER, 2009, p.20).

Questão 02 - Nas aulas do conteúdo de Geometria Espacial, quais dificuldades, dos alunos, você apontaria durante o cálculo da área dos sólidos geométricos?

- 07 professores apontaram dificuldades na planificação dos sólidos geométricos.
- 07 professores apontaram dificuldades nas operações aritméticas.
- 09 professores apontaram dificuldades na falta de conhecimento das áreas das figuras planas.
- 06 professores apontaram dificuldades em associar as figuras planas às faces dos sólidos geométricos;

Observou-se, pelos dados, que as operações aritméticas ainda permanecem sendo a grande barreira no desenvolvimento dos conteúdos matemáticos. Da mesma forma, verificou-se a falta de conhecimentos em tópicos necessários para a explanação do conteúdo, como o cálculo de área de superfícies planas.

Questão 03 - Nas aulas do conteúdo de Geometria Espacial, quais dificuldades dos alunos você apontaria durante o cálculo de volume dos sólidos geométricos?

- 05 professores apontaram dificuldades na falta de entendimento do que representa o volume de um sólido geométrico;
- 08 professores apontaram dificuldades em substituir os valores das medidas dos sólidos geométricos na equação pré-definida do volume;
- 11 professores apontaram dificuldades nas operações aritméticas;
- 03 professores apontaram dificuldades em localizar as medidas, no sólido geométrico, necessárias para o cálculo do volume;

A partir das informações acima, observa-se que as operações aritméticas são pertinentes à medida em que se avança nas dimensões dos sólidos geométricos, bem como a identificação das medidas dos sólidos para a devida adequação nas fórmulas pré-definidas (álgebra).

Questão 04 – Nas aulas de Geometria Espacial, em que momento da aula você observa um maior interesse dos alunos pelo conteúdo?

- 06 professores apontaram durante a resolução das atividades;
- 10 professores apontaram como sendo durante o relacionamento dos sólidos geométricos com os objetos do dia-a-dia;
- 03 professores apontaram durante a planificação dos sólidos geométricos;
- 07 professores apontaram durante o desenho dos sólidos geométricos;

Com os dados acima, observou-se um maior interesse, pelo aluno, à medida que o professor consegue associar os sólidos geométricos aos objetos do dia-a-dia. E ainda, o envolvimento do aluno durante o desenho dos sólidos geométricos pelo professor.

Kaleff (1998) considera a visualização como um processo importante em Geometria e que precisa ser desenvolvido. No entanto, coloca o ato de visualizar como uma habilidade não tão simples e de caráter individualizado, pois envolve muitos aspectos, como interpretar e fazer desenhos, formar imagens mentais e visualizar movimentos e mudanças de formas.

Portanto, com a finalidade de fechar um diagnóstico das dificuldades que os professores encontram em sala de aula, durante a aplicação do conteúdo de Geometria Espacial para alunos do SOME da 11ªDRE, constata-se que o desempenho dos alunos é pouco satisfatório neste conteúdo, em que destacam-se como principais dificuldades: as operações aritméticas, o uso das fórmulas relacionadas aos sólidos (álgebra), bem como a falta de conhecimento da geometria plana, principalmente relacionados ao cálculo de áreas.

Observa-se ainda que, além da problemática já citada, a falta de recursos didáticos torna-se bem relevante, quando grande parte dos professores fazem uso apenas de materiais impressos para a apresentação do conteúdo.

Uma observação a ser destacada, foi o interesse dos discentes pela representação, desenho dos sólidos geométricos e suas relações com os objetos do dia-a-dia, o que demonstra uma afeição pelo conteúdo, apesar das dificuldades em compreendê-lo. Desta forma, com a pesquisa, conseguiu-se detectar e analisar algumas dificuldades referentes ao ensino de geometria espacial, fornecendo subsídios que possibilitaram, por meio de intervenções, minimizar os impactos no ensino e aprendizagem deste conteúdo, contribuindo, de forma positiva, para o desenvolvimento deste trabalho, no que se refere a forma pela qual o conteúdo de Prismas Retos foi explanado durante nosso experimento.

3 – A GEOMETRIA ESPACIAL.

A Geometria é a área da matemática que estuda as formas geométricas em três dimensões, isto é, estuda os objetos no espaço, dentre os quais, os sólidos geométricos (poliedros, corpos redondos, entre outros) e suas propriedades, conforme Ferreira (1999, p.983):

É a ciência que investiga as formas e as dimensões dos seres matemáticos ou ainda um ramo da matemática que estuda as formas, plana e espacial, com as suas propriedades, ou ainda, ramo da matemática que estuda a extensão e as propriedades das figuras (geometria Plana) e dos sólidos (geometria no espaço).

Desta forma, a geometria espacial é uma extensão da geometria plana e, portanto, utiliza-se de todos os conceitos de ponto, reta, linha e plano para o estudo tridimensional dos sólidos geométricos.

3.1 – Contexto Histórico.

Etimologicamente a palavra geometria vem do grego *geometrein*, “geo” significa terra e “metron” significa para medir. Assim, (geo + metria) originalmente era a ciência para “medir a terra” (PIASESKI, 2010). Para Eves (1992), os registros mais antigos do homem na área da Geometria são tábuas de argila cozida, descobertas na Mesopotâmia, do tempo dos sumérios, por volta do ano 3000 a.C. As principais fontes de informações a respeito da geometria egípcia antiga são os papiros de Rhind (ou Ahmes - 1650 a.C.) e Moscou (1850 a.C.), conforme figura 9, e a pirâmide de Giseh, cuja construção envolveu geometria de forma intuitiva, construída cerca de 2900 a.C..

Muitos conhecimentos geométricos como área, volumes e relações métricas em polígonos já eram dominados na bacia fértil entre os rios Tigre e Eufrates, pelos babilônios, quando o homem passou a produzir tijolos ou blocos de pedras usados nas construções, o que o levou a desvendar aspectos da natureza, como o espaço e a sua grandeza, o volume. Foram os gregos que, no apogeu de sua civilização, elevaram e propagaram seus conhecimentos geométricos (EVES, 1992).

Figura 9 - Recortes de Papiros históricos.



Fonte: <https://www.matematica.br/historia/prhind.html>

Boyer (1996), expõe que o conhecimento pré-histórico da geometria depende das interpretações dos poucos artefatos que restaram de evidências fornecidas pela moderna antropologia e da extrapolação retroativa dos documentos que sobreviveram. Para tanto, relata duas suposições que tentaram elucidar suas origens. A de Heródoto, o qual fixava a origem da geometria no Egito pela necessidade prática de se fazer novas medidas de terra após cada inundação anual no vale do rio. E a de Aristóteles, que acreditava numa geometria voltada aos lazes de uma classe sacerdotal no Egito.

Não há como contradizer as duas suposições, porém Boyer (1996, p.5) afirma que “o homem neolítico pode ter tido pouco lazer e pouca necessidade de medir terras, porém seus desenhos e figuras sugerem uma preocupação com relações espaciais que abriu caminho para a geometria”.

Grando (2008) relata que as ideias voltadas a geometria surgiram pela necessidade de solucionar problemas voltados a construção de casas, delimitação de terrenos voltados à agricultura dentre outras.

Buscando a origem do desenvolvimento da geometria nos primórdios, com o homem primitivo, podemos imaginar que o conhecimento das configurações do espaço, formas e tamanhos tenham se originado, possivelmente, com a capacidade humana de observar e refletir sobre os deslocamentos, com a construção de estratégias de caça e colheita de alimentos, com a criação de ferramentas e utensílios, visando satisfazer suas necessidades básicas. Ao fixar moradia, com a divisão do trabalho, outras necessidades foram surgindo e a produção do conhecimento geométrico se ampliando. A necessidade de fazer construções, delimitar a terra levou à noção de figuras e curvas e de posições como vertical, perpendicular, paralela. (GRANDO, 2008, p. 7).

Braz (2009) enfatiza que além do uso agrícola, a geometria era utilizada nas observações e previsão dos astros, auxiliando também a medir as mudanças climáticas, que determinavam qual o tempo certo para cultivo de certas culturas.

Assim, acredita-se que as primeiras medições de distâncias, áreas e volumes tenham surgido de necessidades do dia a dia. Civilizações antigas, como a babilônica e a egípcia, precisavam medir as terras para demarcar os limites das propriedades e de plantações, projetar templos e pirâmides, prever o movimento dos astros... Ainda pode-se acrescentar que de acordo com Boyer (1996, p. 5), “o desenvolvimento da geometria pode também ter sido estimulado por necessidades práticas de construção e demarcação de terras, ou por sentimentos estéticos em relação a configurações e ordem”.

3.2 - Estudo do Prisma.

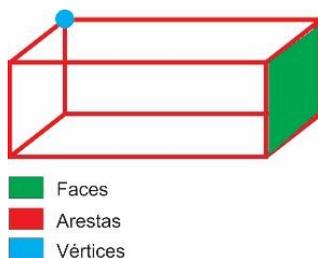
Embora o campo espacial da geometria seja bastante amplo, este estudo estará voltado aos Prismas Retos, o qual será objeto de estudo do presente trabalho. Desta forma será apresentado um breve levantamento conceitual do Prisma e seus elementos.

3.2.1 – Poliedros.

O poliedro é formado pela reunião de um número finito de polígonos chamados faces e a região do espaço limitada por eles, conforme figura 10. Cada lado de um desses polígonos é também lado de um outro único polígono. A interseção de duas faces quaisquer é um lado comum, ou é um vértice ou é vazia. Cada lado de um polígono comum a exatamente duas faces é chamado aresta do poliedro. E cada vértice de uma face é um vértice do poliedro (DANTE, 2017).

Elementos:

Figura 10 - Elementos de um poliedro.

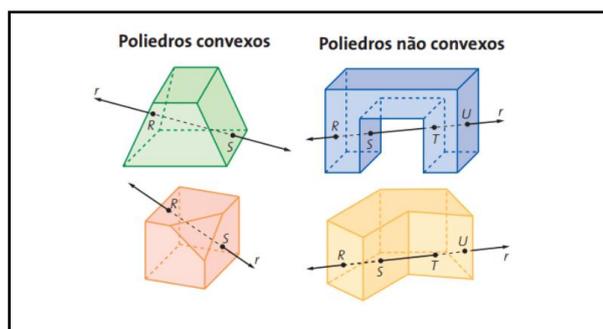


Fonte: Autor

- **Faces:** As faces de um sólido geométrico são polígonos, formadas sempre por diferentes planos. Além disso, as faces de um poliedro estão localizadas em um mesmo espaço, mas não no mesmo plano.
- **Arestas:** As arestas são definidas como os segmentos de reta que são gerados através do encontro entre duas faces do sólido. Sendo assim, percebemos que qualquer aresta vai pertencer a duas faces de um plano.
- **Vértices:** Os vértices são explicados como os pontos de encontro entre as diferentes arestas do poliedro.

Os poliedros podem ser convexos ou não convexos. Será dito convexo quando qualquer reta não paralela a nenhuma das faces intersecta suas faces, em no máximo, dois pontos. Caso contrário será não-convexo, conforme figura 11.

Figura 11 - Classificação dos poliedros.



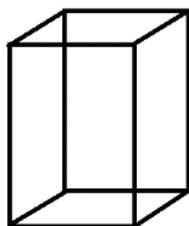
Fonte: <https://casadamatematica.com.br/poliedros-absolutamente-tudo/>

Poliedros de Platão

Um poliedro é denominado poliedro de Platão se, e somente se, forem verificadas as seguintes condições:

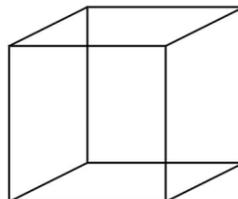
- Todas as faces têm o mesmo número de arestas.
- Em todos os vértices concorrem o mesmo número de arestas.
- Vale a relação de Euler: $V - A + F = 2$.

Figura 12 - Este poliedro é de Platão, mas não é regular pois não é um cubo (DANTE, 2017).



Fonte: Autor.

Figura 13 - O cubo é poliedro regular e é de Platão (DANTE,



Fonte: Autor.

Relação de Euler.

O matemático suíço Leonhard Euler (1707 – 1783) descobriu uma importante relação entre arestas, faces e vértice de um poliedro, publicada com o seguinte enunciado:

Se um poliedro possui V vértices, A arestas e F faces, então: $V - A + F = 2$.

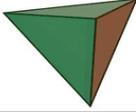
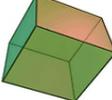
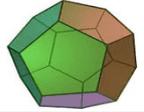
Vale ressaltar que a relação de Euler só foi demonstrada em 1794 pelo matemático francês Adrien Legendre (1752 – 1833), o qual definiu sua aplicação válida apenas para os poliedros convexos (DANTE, 2017).

A quantidade de Vértices (V), Arestas (A) e Faces (F) de qualquer poliedro convexo é dado por:

$$V - A + F = 2$$

Portanto, todo poliedro convexo satisfaz a relação de Euler, mas nem todo poliedro que satisfaz a relação de Euler é convexo.

Figura 14 - Poliedros de Platão e a Relação de Euler.

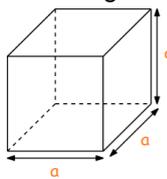
Relação de Euler					
Nome do sólido	Sólido	Faces	Arestas	Vértices	$F - A + V = 2$
Tetraedro		4	6	4	$4 - 6 + 4 = 2$
Hexaedro		6	12	8	$6 - 12 + 8 = 2$
Octaedro		8	12	6	$8 - 12 + 6 = 2$
Dodecaedro		12	30	20	$12 - 30 + 20 = 2$
Icosaedro		20	30	12	$20 - 30 + 12 = 2$

Fonte: <https://www.obaricentrodamente.com/2017/07/a-formula-de-euler-para-poliedros.html>

Poliedros Regulares:

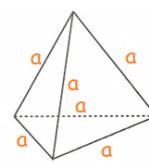
Um poliedro convexo é regular quando todas as faces são polígonos regulares e congruentes, e em todos os vértices concorrem o mesmo número de arestas (DANTE, 2017, p.172).

Figura 15 - Cubo: poliedro regular.



Fonte: Autor.

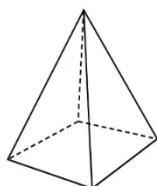
Figura 16 - Tetraedro: poliedro regular.



Fonte: Autor.

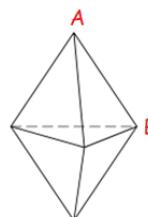
Observar agora:

Figura 17 - Poliedro não regular: as faces não têm o mesmo número de lados.



Fonte: Autor.

Figura 18 - Poliedro não regular: as faces são regulares e congruentes, mas para o vértice A convergem 3 arestas e para o B convergem 4 arestas.

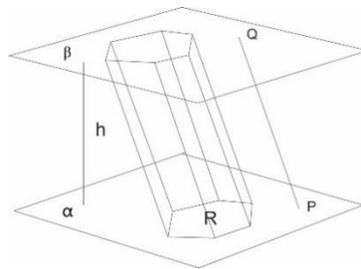


Fonte: Autor.

3.2.3 - Prismas - Construção e Definição.

Consideremos dois planos α e β , distintos e paralelos entre si, um polígono convexo R situado no plano α e um segmento de reta PQ ($P \in \alpha$ e $Q \in \beta$), cuja reta suporte intersecta esses planos. Chamamos de *prisma* convexo a união de todos os segmentos paralelos e congruentes a PQ que possuem suas extremidades no polígono e estão localizados num mesmo semiespaço determinado por α . A altura de um prisma é a distância h entre os planos das suas bases (faces poligonais opostas, paralelas e congruentes), conforme figura 19.

Figura 19 - Prisma Hexagonal.



Fonte: Autor

Elementos:

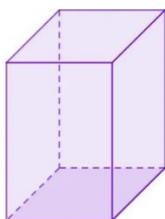
São elementos de um prisma: Faces (superfícies planas poligonais que limitam o poliedro), Arestas (lados das faces do poliedro) e Vértices (vértices das faces do poliedro). Vamos considerar agora um prisma cuja base seja um polígono de n lados para determinar o seu número de faces, arestas e vértices. O prisma possui: 2 bases congruentes; n faces laterais – paralelogramos; n arestas laterais; $(n+ 2)$ faces; $3n$ arestas e $2n$ vértices.

Classificação:

Quanto a inclinação das arestas, os prismas podem ser classificados em reto ou oblíquo.

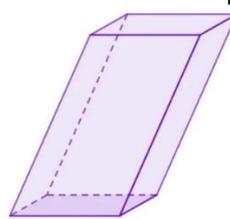
O prisma será dito reto quando suas arestas laterais forem perpendiculares aos planos de suas bases, caso contrário, o prisma será oblíquo.

Figura 20 - Prisma Reto.



Fonte: Autor.

Figura 21 - Prisma Oblíquo.



Fonte: Autor.

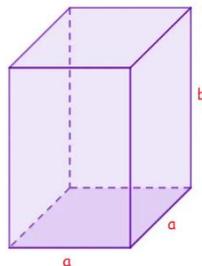
No caso do prisma reto:

- Suas faces laterais serão formadas por retângulos.
- Se as bases de um prisma reto forem polígonos regulares chamamos esse prisma de regular.

Quanto ao número de lados dos polígonos das bases, os prismas podem ser:

- Triangulares: as bases são triângulos.
- Quadrangulares: as bases são quadriláteros.
- Pentagonais: as bases são pentágonos.
- Hexagonais: as bases são hexágonos.
- Etc...

Figura 22 - Prisma quadrangular regular, pois suas bases são formadas por polígonos regulares, quadradas.



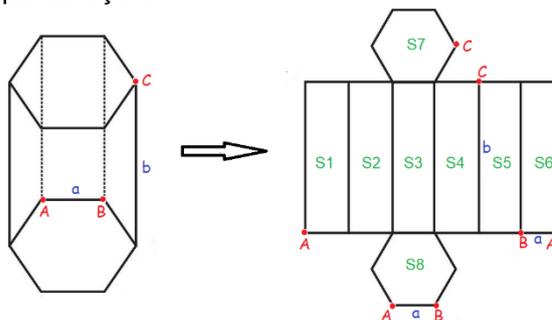
Fonte: Autor.

3.2.4 - Prismas Retos.

Áreas das Superfícies:

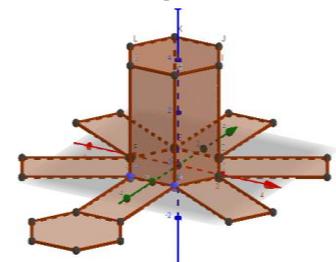
Dado o Prisma Reto abaixo, sendo a a aresta da base e b a aresta lateral, e sendo S_1, S_2, \dots, S_8 as respectivas áreas de suas faces, temos:

Figura 23 - Prisma Hexagonal Regular e sua planificação.



Fonte: Autor

Figura 24 - Simulação da planificação Prisma Hexagonal utilizando o software Geogebra.



Fonte: Print do software.

Área Lateral (AL): É a reunião de suas faces laterais. A área dessa superfície é chamada de área lateral do Prisma (soma das áreas de todas as faces laterais).

No exemplo:

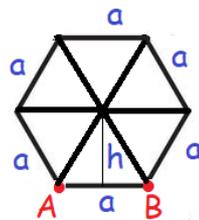
$$AL = S1 + S2 + \dots + S6$$

Área da Base (AB): Corresponde à área da região poligonal que constitui a base do prisma:

- Base Triangular: $AB = \text{Área do Triângulo}$
- Prisma Quadrangular: $AB = \text{Área do Quadrilátero.}$
- Prisma Pentagonal: $AB = \text{Área do Pentágono.}$
- Prisma Hexagonal: $AB = \text{Área do hexágono.}$

No Exemplo:

Figura 25 - Base Hexagonal.



Fonte: Autor

com $2\rho = 6a$ e $h = \frac{a\sqrt{3}}{2}$, temos:

$$AB = \frac{1}{2}\rho \cdot h \rightarrow AB = \frac{3a^2\sqrt{3}}{2}$$

Com $2\rho = \text{perímetro}$ e $h = \text{altura relativa ao lado AB.}$

Área Total (AT): É a soma da área lateral com as Áreas das Bases do Prisma:

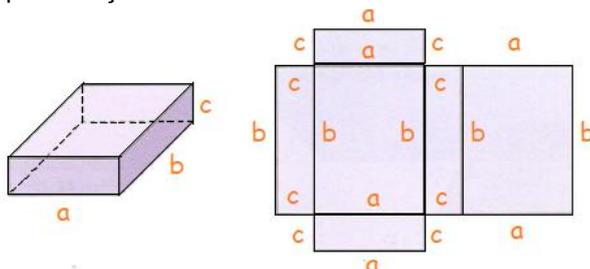
$$AT = AL + 2 \cdot AB$$

3.2.4.1 – Paralelepípedo.

É um prisma quadrangular, particular, cujas bases são formadas por paralelogramos. Assim, as seis faces de um paralelepípedo são paralelogramos.

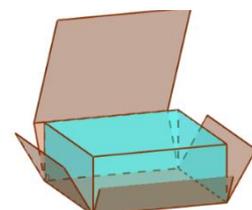
Quando as bases de um prisma reto são retângulos, ele é chamado de paralelepípedo retângulo (ou ortoedro, ou paralelepípedo reto retângulo, ou, ainda, bloco retangular).

Figura 26 - Paralelepípedo retângulo e sua planificação.



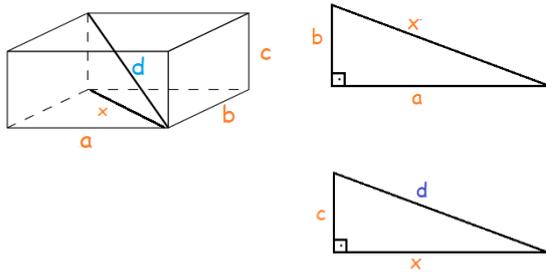
Fonte: Autor

Figura 27 - Simulação da planificação do paralelepípedo retângulo utilizando o software Geogebra.



Fonte: Print do software.

Figura 28 - Diagonal do Paralelepípedo retângulo.



$$\text{como } x^2 = a^2 + b^2 \text{ e } d^2 = x^2 + c^2$$

logo:

$$d = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$$

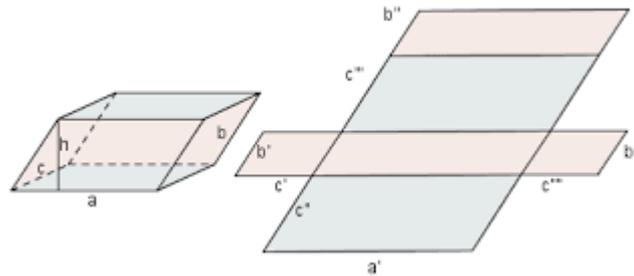
Fonte: Autor

d = medida da diagonal do paralelepípedo.

x = medida da diagonal da base.

Paralelepípedo Oblíquo: A superfície total é a reunião de seis paralelogramos.

Figura 29 - Paralelepípedo Oblíquo e sua planificação.

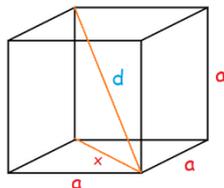


Fonte: Autor.

3.2.4.2 - Cubo ou Hexaedro Regular:

É um caso particular de paralelepípedo retângulo, onde todas as arestas são congruentes e cada face é um quadrado.

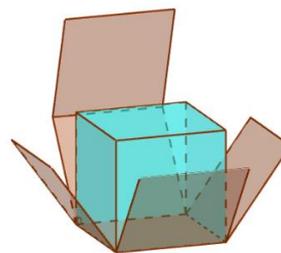
Figura 30 - Diagonal do Cubo.



Fonte: Autor.

$$d = \sqrt{a^2 + a^2 + a^2} \rightarrow d = a\sqrt{3}$$

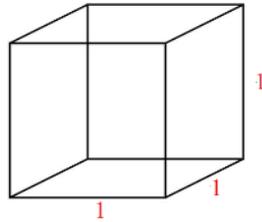
Figura 31 - Simulação da planificação do Cubo utilizando o software Geogebra.



Fonte: Print do software.

Volume (V): O volume de um prisma é dado a partir do cubo unitário (de aresta igual a 1), que por definição apresenta volume igual a 01 u.a. (unidade de área).

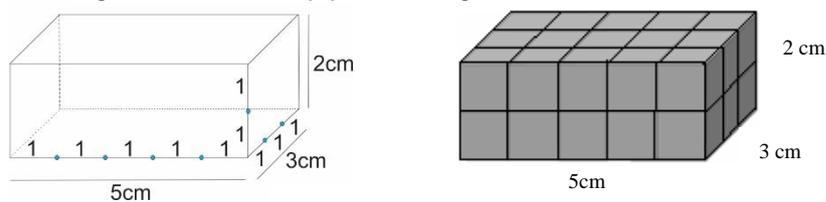
Figura 32 - Cubo de aresta 1 u.a.



Fonte: Autor.

Seja, por exemplo, um paralelepípedo retângulo de dimensões 5cm, 3cm e 2cm, representado na figura 33:

Figura 33 - Paralelepípedo retângulo e suas dimensões.



Fonte: Autor.

Decompondo cada dimensão em unidades de comprimento (cm), teremos cinco unidades (5cm), três unidades (3cm) e duas unidades (2cm), respectivamente. Isso sugere que o paralelepípedo pode ser dividido em $5 \cdot 3 \cdot 2$ cubos unitários (1cm^3) e o volume desse paralelepípedo é $5\text{ cm} \cdot 3\text{ cm} \cdot 2\text{ cm} = 30\text{ cm}^3$.

De modo geral o volume V de um paralelepípedo retângulo de dimensões a, b e c é dado pela fórmula:

$$V = a \cdot b \cdot c$$

e notando que $a \cdot b$ é a área da base (AB) e c é a altura (h) do paralelepípedo, podemos escrever:

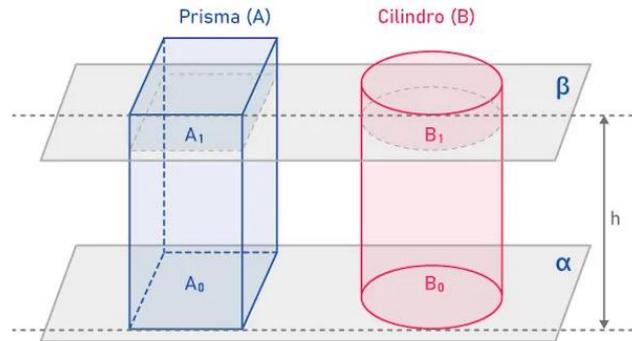
$$V = AB \cdot h$$

3.3 - Princípio de Cavallieri.

“Dois Sólidos nos quais todo plano secante, paralelo a um dado plano, determina superfícies de áreas iguais são sólidos de volumes iguais”.

Sejam h e A_1 , respectivamente, a altura e a área da base de um prisma (A). Seja também um cilindro (B) de mesma altura h e de área da base B_1 . Suponhamos que as bases dos dois sólidos estejam no mesmo plano.

Figura 34 - Princípio de Cavalieri.



Fonte: <https://www.preparaenem.com/matematica/principio-de-cavalieri.htm>

Nessas condições, para ambos os sólidos, todas as secções transversais possuem a mesma área, $A_1=B_1$. Isso, pelo Princípio de Cavalieri, significa que os dois sólidos possuem o mesmo volume.

$$VA = VB$$

Como o volume de um paralelepípedo retângulo é igual ao produto da área da base pela altura, o mesmo ocorre com o volume do Prisma.

$$V = AB \cdot h$$

O próximo capítulo abordará a respeito das diferenças entre Instrucionismo e Construcionismo, levantando um breve histórico do uso dos computadores no ensino, suas implicações e teorias ligadas a aprendizagem escolar.

4 - COMPUTADORES NA EDUCAÇÃO - O Papel das Máquinas no Ensino.

No decorrer da história, muito tem-se debatido a respeito da inserção dos computadores na educação, e, com o crescente aumento e acessibilidade a dispositivos tecnológicos, tanto a computação quanto as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) estão cada vez mais presentes na vida de todos, não somente nos escritórios ou nas escolas, mas nos nossos bolsos, nas cozinhas, nos automóveis, nas roupas etc. A maior parte das informações produzidas pela humanidade está armazenada, digitalmente, em grandes computadores. Isso demonstra uma tendência, tanto nos meios de produção quanto no cotidiano das pessoas, em expandir o seu uso cada vez mais para as próximas gerações, incorporando-as, inclusive, nos currículos escolares, conforme (BRASIL, 2018).

Essa constante transformação ocasionada pelas tecnologias, bem como sua repercussão na forma como as pessoas se comunicam, impacta diretamente no funcionamento da sociedade e, portanto, no mundo do trabalho. A dinamicidade e a fluidez das relações sociais – seja em nível interpessoal, seja em nível planetário – têm impactos na formação das novas gerações. É preciso garantir aos jovens aprendizagens para atuar em uma sociedade em constante mudança, prepará-los para profissões que ainda não existem, para usar tecnologias que ainda não foram inventadas e para resolver problemas que ainda não conhecemos. Certamente, grande parte das futuras profissões envolverá, direta ou indiretamente, computação e tecnologias digitais (BRASIL, 2018, p. 473).

A história mostra que a introdução dos computadores na educação se deu pela oportunidade do ensino através de máquinas. Em 1924, Sidney Pressey, arquitetou uma máquina para correção de testes de escolha. Posteriormente, em 1950, Frédéric Skinner apresentou uma máquina de ensinar baseada na instrução programada (SOUZA e FINO, 2008). Estas máquinas foram propostas por Skinner como uma alternativa aos impasses referentes as demandas de atendimento individual aos aprendizes.

Uma instrução programada consiste em incluir o material a ser identificado em pequenos segmentos e denominados logicamente. Cada fato ou conceito é apresentado em módulos sequenciais. Cada módulo termina com uma questão que o aluno deve responder preenchendo espaços em branco ou escolhendo uma resposta entre alternativas. O estudante deve ler o fato ou conceito e é questionado. Se a resposta está correta o aluno pode passar para o próximo módulo. Se a resposta é errada, a resposta certa pode ainda ser fornecida pelo programa ou, o aluno previsto para os módulos anteriores ou, a realizar outros módulos, cujo objetivo é remediador ou de ensino (VALENTE, 1993, p.4).

Esse modelo, segundo Valente (1993), embora bastante utilizado na década de 50 e 60, não prosperou, dada as dificuldades de material utilizado e sua

padronização. O autor observa ainda o surgimento do computador, que, embora com seu uso restrito, devido ao elevado custo, empresas especializadas, como a IBM e a RCA, passaram a investir na produção de softwares, com características específicas, denominadas softwares de Instrução Auxiliada por Computador (CAI – Computer Aided Instruction), ainda na década de 60.

Com o advento dos microcomputadores na década de 80, o *software* CAI ganhou força, o que representou o ponto de partida para a inserção dos computadores nas escolas, principalmente nos países desenvolvidos. Ocorrendo uma Diversificação dos *softwares* disponíveis, dentre os quais: tutoriais, programas de demonstração, exercício/prática, jogos didáticos e simuladores. Esta expansão se deu, dentre outras coisas, pela busca de um processo que remeta a eficácia no ensino. Prado (1999, p.19) amplia essa visão ao afirmar que o “computador, inserido nesse contexto, pode ser facilmente identificado e/ou incorporado como mais um instrumento que vem reforçar a ação educativa, centrada na eficiência das técnicas e dos métodos de ensino”.

No CAI tem-se a primeira situação do uso do computador no contexto educacional como uma máquina de ensinar aprimorada. Papert (1993/2008, p.52), ao referir-se a esse modelo de ensino, afirma que CAI consiste “em programar um computador para administrar os tipos de exercícios adaptados por um professor em um quadro-verde, em um livro didático ou em uma folha de exercícios”.

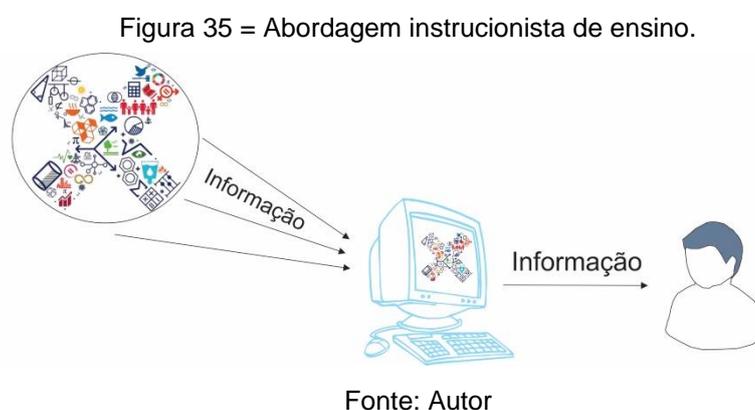
Diante deste panorama, de inovação tecnológica, os sistemas educacionais, mesmo que de forma discreta, passaram a conviver com os computadores, o que possibilitou a abertura de debates a respeito de qual seria a melhor forma de inserção destes na educação, encontrando a figura de Seymour Papert como principal questionador.

Ao associar o uso dos computadores à educação, Papert assumiu uma postura de “rebelião construtiva”. Em sua concepção, os computadores podiam e deviam ser utilizados “como instrumentos para trabalhar e pensar, como meios de realizar projetos, como fonte de conceitos para pensar novas ideias” (PAPERT, 1994, p.158) e não apenas como uma forma de apoio à instrução automatizada. Nesse sentido, Papert e sua equipe do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), entre os anos de 1967 e 1968, passaram a desenvolver uma forma de uso do computador que viabilizasse tais ideias: a ferramenta educacional LOGO. Passando, portanto, a

coexistir no cenário educacional duas tendências relacionadas ao uso do computador, o Instrucionismo e o Construcionismo, cada qual com características bem definidas.

4.1 – Instrucionismo - O Computador como Máquina de Ensinar.

Segundo Valente (1993), o Instrucionismo trata-se de uma abordagem pedagógica em que se utiliza o computador como suporte ao processo educacional, figura 35, visando o reforço ou a complementação ao que acontece em sala de aula. Ou seja, apresenta-se, basicamente, como um replicador de métodos já existentes, porém, sob a mediação de um computador, próprio da modalidade CAI, citada anteriormente, no que tange ao uso do computador como máquina de ensinar.



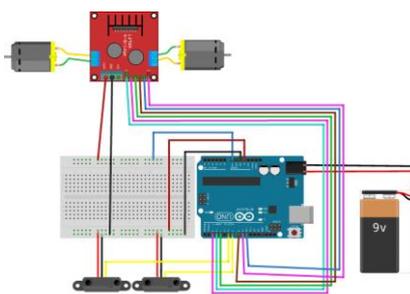
A figura sintetiza o processo instrucionista do ensino, no qual, na etapa inicial, o computador é alimentado com as informações, atividades programadas para o ensino, que serão repassadas ao aluno, a partir do uso de um software do tipo CAI. Desta forma, o processo de transmissão do conteúdo concretiza-se com o acesso ao “pacote de informações” no computador. O aluno é o espectador para um volume de conhecimentos pré-determinados, uma vez que, na maioria dos softwares CAI, a interação existente entre o discente e o computador limita-se ao fornecimento de respostas a exercícios e a avanços ou retrocessos no conteúdo.

Neste contexto, enquadram-se os softwares de tutoriais, exercício e prática, jogos educacionais e os simuladores (VALENTE, 1993).

- Softwares Tutoriais: São softwares que reproduzem a instrução programada, ou seja, “ensinam” um determinado conteúdo ao aluno. Possuem animações, som e texto usando o formato multimídia.

- Softwares de Exercício e Prática: Permitem ao estudante a prática e revisão de conteúdos vistos em sala de aula. Grande parte, envolvem processos de memorização e repetição, com questões gabaritadas após a apreciação/resposta do aluno.
- Softwares de Jogos Educacionais: Buscam combinar o ambiente de entretenimento dos jogos tradicionais (não pedagógicos) com a possibilidade de aluno explorar algum conteúdo escolar específico.
- Softwares de Simuladores: São ambientes virtuais onde o aluno pode moldar e explorar diferentes situações. Por exemplo: estruturar circuitos elétricos ou mesmo dirigir um automóvel, sem correr riscos ou sem ter gastos necessários em um dado experimento.

Figura 36 - Simulador de um circuito Arduino para um carro direcional utilizando o software Tinkercad.



Fonte: Captura de tela do software.

Portanto, foi a partir da abordagem instrucionista que os computadores começaram a ser difundidos nos ambientes escolares, abrindo discussões e reflexões para novas possibilidades. Dentre as quais a de que o uso do computador em ambiente de aprendizagem pode e precisa extrapolar a automatização da transmissão dos conteúdos programáticos. É dentro dessa perspectiva que surge o computador como uma ferramenta educacional, tal como idealizado por Seymour Papert.

4.2 - O Construcionismo: O computador como ferramenta de aprendizagem.

O computador como uma ferramenta educacional surge como alternativa à linha instrucionista. Valente (1993, p.12) explica que “segundo esta modalidade, o computador não é mais o instrumento que ensina o aprendiz, mas a ferramenta com a qual o aluno desenvolve algo, e, portanto, a aprendizagem ocorre pelo fato de estar executando uma tarefa por meio do computador”. Evidencia-se a ideia de que com o

“computador ferramenta”, o aluno será o sujeito que promove uma ação (protagonista), ou seja: seu lugar deixa de ser o de expectador e passa a ser o de agente.

Existem vários softwares que podem propiciar o uso do computador como ferramenta, no sentido ao qual foi tratado. Dentre eles destacam-se: as planilhas eletrônicas, os gerenciadores de banco de dados, os mecanismos de busca na internet, as ferramentas de cooperação e comunicação em rede, bem como as linguagens de programação.

- Softwares de Planilhas Eletrônicas: Permitem a criação e manipulação de folhas de cálculo, gráficos, assim como possui a possibilidade para armazenar informações referente a pesquisas, relatórios e estatística.
- Softwares de Gerenciadores de Banco de Dados: Permitem criar e armazenar informações, indo desde o controle até a gestão de coleções de informações, em um formato devidamente estruturado. De forma a proceder a sua rápida recuperação (pesquisa), relacionamento e compartilhamento.
- Softwares para buscas na Internet: Permitem ao usuário a realização de buscas a conteúdos específicos dentro da rede mundial de computadores.
- Softwares de linguagem de programação: Utilizam um ambiente para expressões lógicas com o intuito de encontrar soluções aos mais diversos problemas por meio do computador, ou seja, são softwares que permitem a criação de outros softwares, porém, mais específicos. Dentre estas ferramentas, podemos citar: BASIC, PASCAL, C++, JAVA, LOGO, SCRATCH, PYTHON, ...

Papert em seu livro “LOGO: Computadores e Educação”, ao criticar o paradigma instrucionista, introduz o seu pensamento direcionando o uso do computador como uma máquina de produção de conhecimento.

[...] A frase “instrução ajudada pelo computador” (computer-aided-instruction) significa fazer com que o computador ensine a criança. Pode-se dizer que o computador está sendo usado para “programar” a criança. Na minha perspectiva é a criança que deve programar o computador e, ao fazê-lo, ela adquire um sentimento de domínio sobre um dos mais modernos e poderosos equipamentos tecnológicos e estabelece um contato íntimo com algumas das ideias mais profundas da ciência, da matemática e da arte de construir modelos intelectuais. (PAPERT, 1980/1985, p.17).

Nessa visão, alunos e professores passam a ter a chance de elaborar projetos para solução das situações-problemas das mais diversas áreas do conhecimento. Utilizando a linguagem de programação como suporte às demandas de cada

proposição, no que diz respeito à elaboração de programas de computadores concernentes às soluções.

Observa-se que a abordagem Construcionista apresenta-se de forma antagônica à introduzida, inicialmente, pelo Instrucionismo, conforme figura 37.

Figura 37 - Abordagem Instrucionista e Construcionista.

Ensino-aprendizagem usando o computador



Fonte: autor.

A figura 37 sugere, de uma forma geral, a comparação entre o Instrucionismo e o Construcionismo. Em ambos os casos se observa a presença das figuras: computador, aluno, professor e software, nas quais visualiza-se as diferenças: sentido da direção do ensino, tipo de software utilizado e caracterização do aluno dentro do processo, bem como a postura a ser adotada pelo educador, como mediador do processo de ensino-aprendizagem, com características peculiares, que serão definidas posteriormente, quanto às intervenções pedagógicas.

Como visto anteriormente, no Instrucionismo tem-se o computador pré-programado ensinando a um aluno - espectador do processo – por meio de um software da modalidade CAI, enquanto que no Construcionismo de Papert o processo é invertido. Nele o educando passa a assumir uma postura ativa do processo de aprendizagem em que assume o papel de programador, isto é, passa a ensinar o computador, por meio de uma linguagem de programação específica, a realizar uma determinada tarefa.

Mais adiante trataremos, mais especificamente, do Construcionismo, bem como o papel do educador como mediador deste processo.

5 - CARACTERIZAÇÃO DE UM AMBIENTE DE ROBÓTICA EDUCACIONAL E O PENSAMENTO COMPUTACIONAL

5.1 – Robótica e Robô.

O surgimento do conceito sobre robótica é datado por meados do século XX, mais precisamente com a obra “O Mentiroso” do autor de ficção científica Isaac Asimov, o qual, além de criador da palavra ‘robótica’, foi também ele quem apresentou, no campo da ficção- científica, as Leis da Robótica (BRETON, 1991). O termo foi popularizado apenas em 1950 por conta do livro “Eu, Robô”, do mesmo autor. A obra levantou diversas discussões e equívocos sobre a relação entre homens e máquinas.

A palavra robô é uma derivação da palavra tcheca robotnik que significa “servo”. Apareceu pela primeira vez em um teatro, na peça “Robôs Teatrais de Rossum”, conforme figura 38, do tcheco Karel Capek, por volta de 1921, a qual descrevia a história de um cientista que inventava robôs para ajudarem as pessoas a executarem tarefas simples, mas essas máquinas acabam se voltando contra os humanos e conquistando o mundo (BRETON, 1991). Entretanto, já na naquela época, o robô era símbolo de desenvolvimento tecnológico e grandeza. O termo foi popularizado pelo então escritor de ficções científicas e bioquímico, Isaac Asimov, por meio de publicações envolvendo a temática robótica.

Figura 38 - Cena do terceiro ato da peça Robôs Teatrais de Rossum, mostrando os robôs em rebelião.



Fonte: Wikipédia

De acordo com STEFFEN(S.I.), a robótica pode ser definida como uma área de conhecimento relacionada com o controle e a construção de robôs, ou seja, é a ciência que associa a tecnologia com a concepção de construir, a qual encontra grande

aplicação em diversas áreas desde a produção industrial, medicina até as atividades domésticas.

Pazos afim de diferenciar um robô industrial de uma máquina automatizada, o define como “[...] um manipulador reprogramável, multifuncional, projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especiais em movimentos variáveis programados para a realização de uma variedade de tarefas” (PAZOS, 2002). Assim, o fato de um robô industrial executar tarefas repetitivas e pré-determinadas pode passar a impressão de que não necessite de uma percepção do meio externo, remetendo a ideia equivocada do que venha a ser um robô industrial. Da mesma forma, apresentar equipamentos e componentes eletroeletrônicos, mesmo que desempenhem funções complexas, não faz da máquina um robô industrial. O mesmo deverá interagir com o meio externo de forma a “aprender” a executar uma tarefa, sendo esta a principal característica que o difere de uma máquina automática. Portanto, devemos considerar as características como flexibilidade de movimentos e de programação para a conceituação do mesmo.

Segundo Freitas (2005), o robô recebe informações de duas maneiras: direto com o operador, o que este chama de modo on-line, ou por meio de uma simulação computadorizada, modo off-line, o que nos possibilita distinguir um robô de outras máquinas automáticas.

A partir destes conceitos, um robô poderá ser definido como: máquinas com programações e movimentos flexíveis que adquirem informações do meio externo, as processam por meio de sua programação e definem uma ação a ser executada.

[...] podemos definir um robô de modo geral como uma máquina programável que é capaz de imitar as ações ou a aparência de uma criatura inteligente, geralmente um ser humano. Para se caracterizar como um robô, a máquina deve ser capaz de no mínimo duas coisas:

- obter informações do seu próprio ambiente;
- atuar de alguma forma física neste ambiente – se movendo ou manipulando objetos por exemplo (HEINE, 2006).

Atualmente os robôs são utilizados para tarefas onde a presença humana se torna perigosa, em ambientes sujos e insalubres, ambientes virais ou com infestações bacteriológicas onde podemos citar, como exemplo, a utilização, pelo governo Chines, em Xangai, de cachorros-robôs, conforme figura 39, anunciando lockdowns em diferentes regiões da cidade, que vivenciaram picos de casos do Covid-19. Ou ainda, na realização de tarefas repetitivas e sistemáticas, como as que ocorrem nas indústrias automotivas, em que, em alguns casos, substituem a mão-de-obra humana, buscando mais rapidez e precisão. Há estudos, principalmente no Japão, que relacionam a utilização de robôs

com semelhanças humanas para serem utilizados no cuidado de pessoas, como idosos ou deficientes por exemplo, ou para cuidar dos afazeres do lar.

Figura 39 - Cachorro-robô de Xangai.



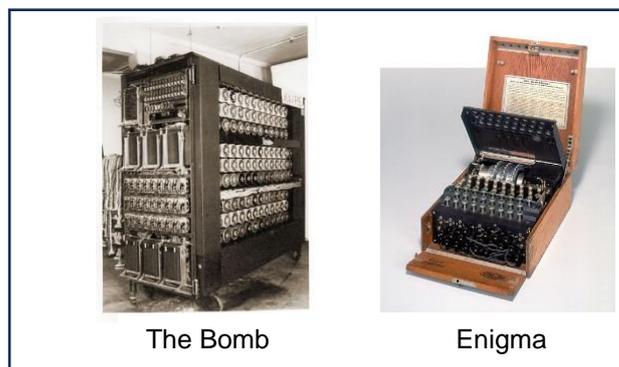
Fonte: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2022/03/31/cachorros-robos-anunciam-lockdown-em-ruas-da-china-veja-video.ghtml>

5.2 – Algoritmo e Programação.

As ideias de algoritmo e programação estão fortemente associadas aos trabalhos de Allan Turing, matemático e cientista da computação, lógico, criptoanalista, filósofo e biólogo teórico britânico. Influente no campo da Inteligência Artificial, Turing foi precursor no desenvolvimento da moderna ciência da computação teórica, proporcionando uma formalização dos conceitos de algoritmo e computação. A ele é atribuído a criação de um modelo de computador de uso geral, o qual contribuiu para o desenvolvimento do sistema de computadores que utilizamos hoje.

Autor do artigo “sobre as máquinas computáveis” em 1937, onde defendia a existência de problemas e cálculos sem solução. Além de embasamento teórico inovador, o conteúdo descrevia uma aplicação prática: um processo mecânico baseado em fórmulas matemáticas e cálculos em sistema binário, que podia solucionar problemas através de uma sequência de etapas. Esse mecanismo foi considerado a base para o desenvolvimento da computação moderna. Por meio de seu trabalho foi desenvolvida uma máquina conhecida como “bomba eletromecânica” (The Bombe), que decifrou o código da máquina “enigma”, figura 40, utilizado pelos alemães durante a segunda guerra mundial (SILVA, 2022).

Figura 40 – Máquinas The Bombe e Enigma.



Fonte: <https://metode.es/revistas-metode/dossiers/enigma-de-la-ment.html>

Ascencio (1999), expõe que o propósito do uso de um computador está ligado à sua flexibilidade, capacidade de processamento e segurança ao processamento dos dados, ou seja, consiste em receber dados por meio de um dispositivo de entrada (teclado, mouse, scanner etc.), realizar o processamento destes dados e fornecer uma resposta através de um dispositivo de saída (monitor de vídeo, impressora etc.). Para as etapas de processamento de dados, o computador faz uso de suas partes físicas, hardwares, e lógicas, softwares (programas). Para a criação desses programas são usadas as linguagens de programação de computadores (LPC). “Uma linguagem de programação assemelha-se a uma língua natural, humana, na medida em que favorece certas metáforas, imagens e maneiras de se pensar” (PAPERT, 1980/1985 p. 52).

As LPC também são softwares, porém, possuidores de um vocabulário próprio, sintático e semântico, não ambíguo, que propicia a determinação de instruções para um computador.

As linguagens de programação constituem-se em uma ferramenta de concretização de produto de software, que representa o resultado da aplicação de uma série de conhecimentos que transformam a especificação da solução de um problema em programa de computador que efetivamente resolve aquele problema (SANTOS E COSTA, 2006, p. 41).

Existem inúmeras linguagens de programação, cada qual com características peculiares e propósitos diferentes. Dentre as linguagens mais utilizadas em cursos superiores destacam-se: a PASCAL e a C++, as quais utilizam uma sintaxe de programação específica, sendo amplamente utilizadas em cursos superiores que possuem unidades curriculares de programação (TIMÓTEO e BRASILEIRO, 1998). Ou ainda, as linguagens de programação em blocos, dentre as quais o Scratch for

Arduino – S4A, o qual é uma modificação do Scratch do Massachusetts Institute of Technology (MIT), que será abordado em uma seção posterior.

As LPC na educação estão presentes em diferentes níveis e domínios do conhecimento, dessa forma, é comum vermos cursos como os de matemática ou engenharias, entre outros, possuírem unidades curriculares de introdução à programação de computadores voltados à resolução de problemas por intermédio das LPC, embora, logicamente, com carga horária reduzida quando comparadas aos cursos ligados à área da computação, os quais possuem uma carga horária maior, dedicada à exploração de tais ferramentas. Valente (1993) evidencia que:

As linguagens para representação da solução do problema podem, em princípio, ser qualquer linguagem de computação como o BASIC, o Pascal ou o Logo. No entanto, deve ser notado que o objetivo não é ensinar programação de computadores e sim como representar a solução de um problema segundo uma linguagem computacional. O produto final pode ser o mesmo – obtenção de um programa de computador – os meios são diferentes. Assim, como meio de representação, o processo de aquisição da linguagem de computação deve ser a mais transparente e a menos problemática possível. Ela é um veículo para expressão de uma ideia e não o objeto de estudo. (VALENTE, 1993, p.14).

Observa-se, portanto, que o objetivo do uso das LPC é propiciar um ambiente para a construção de programas de computador, ao mesmo tempo que representam uma via de expressão de ideias, o que corrobora para o processo educativo. A atividade cognitiva de construção de programas é dita programação de computadores. Assim, para Papert, “programar significa, nada mais, nada menos, comunicar-se com o computador, numa linguagem que tanto ele quanto o homem podem 'entender” (PAPERT, 1980/1985, p.18). Nesse sentido, o uso das LPC no computador caracteriza-o como uma ferramenta, pois elas propiciam a representação das soluções de problemas, expressas por sequências lógicas de ações. Isso equivale a dizer que o aluno está tutelando, ou ainda, ensinando o computador a resolver uma tarefa no formato de um programa (ALMEIDA, 1999).

Elaborar um programa significa manipular um sistema de palavras e de regras formais, que constituem a sintaxe e a estrutura da linguagem, que dão suporte para se representar os conhecimentos e as estratégias necessários à solução do problema. O conhecimento não é fornecido ao aluno para que ele dê as respostas. É o aluno que coloca o conhecimento no computador e indica as operações que devem ser executadas para produzir as respostas desejadas. (ALMEIDA, op. cit., p.19).

A elaboração da solução de uma situação-problema pode ser expressa, inicialmente, através de algoritmos. Forbellone e Eberspacher (1999) introduzem o conceito de algoritmo como sendo uma sequência de passos que visa atingir um

objetivo bem definido. Em comum acordo, tem-se em Ascencio (1999) o conceito de algoritmo como uma sequência de ações que deve ser seguida para a realização de uma tarefa. Maltempi e Valente (2000) associam a atividade de programação com o desenvolvimento dos algoritmos e destacam que eles constituem uma parte construtiva da atividade. Assim, pode-se dizer que um algoritmo é um conjunto de instruções, como uma receita de bolo, constituído por um número finito de passos e um objetivo específico.

Como exemplo ilustrativo, apresenta-se um possível algoritmo que propõe uma solução de uma situação do tipo: “Como ensinar a um computador a somar dois números inteiros fornecidos por um usuário?”

Ascencio e Campos (2002) sinalizam que um algoritmo pode ser construído por intermédio de uma descrição narrativa, ou seja, a expressão de um raciocínio em linguagem como a língua portuguesa. Inicialmente, pode ser proposta a seguinte sequência de passos: PASSO 1 e 3 – Pedir os números para a soma; PASSO 2 e 4 – Ler esses números; PASSO 5 – Processar a soma dos dois números lidos anteriormente nos passos 2 e 4; PASSO 6 – Apresenta o resultado. Essa construção, entretanto, pode evoluir para a forma de pseudocódigos, conforme exemplificado a seguir:

```

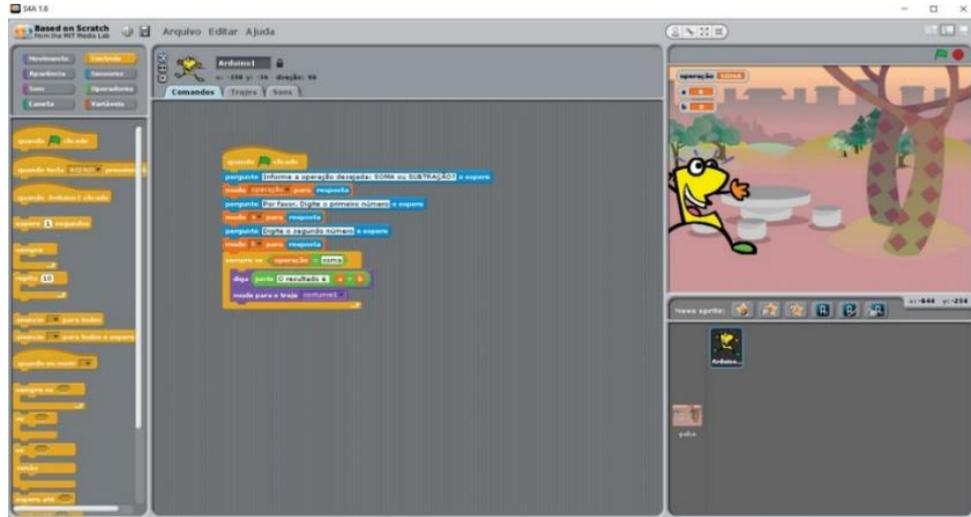
ALGORITMO Soma_de_dois_números_quaisquer;
INÍCIO;
DECLARAR a, b, soma: NUMERICO INTEIRO;
    1. ESCREVA “Por favor, digite o primeiro número”;
    2. LEIA a;
    3. ESCREVA “Digite o segundo número”;
    4. LEIA b;
    5. soma = a+b;
    6. ESCREVA “O resultado é: ”, soma;
FIM;

```

Essa elaboração mental, geralmente, é feita em papel. Entretanto, pode ser descrita, executada e depurada em um computador por intermédio das linguagens de programação. Reitera-se que elas propiciam um ambiente adequado à transcrição dos algoritmos utilizando um vocabulário próprio e acabam por estruturar o raciocínio

construído sob a forma de programas de computador, o que pode ser observado na figura 41:

Figura 41 - Sintaxe de programação para somar dois números utilizando a LPC Scratch for Arduino.



Fonte: Software S4A.

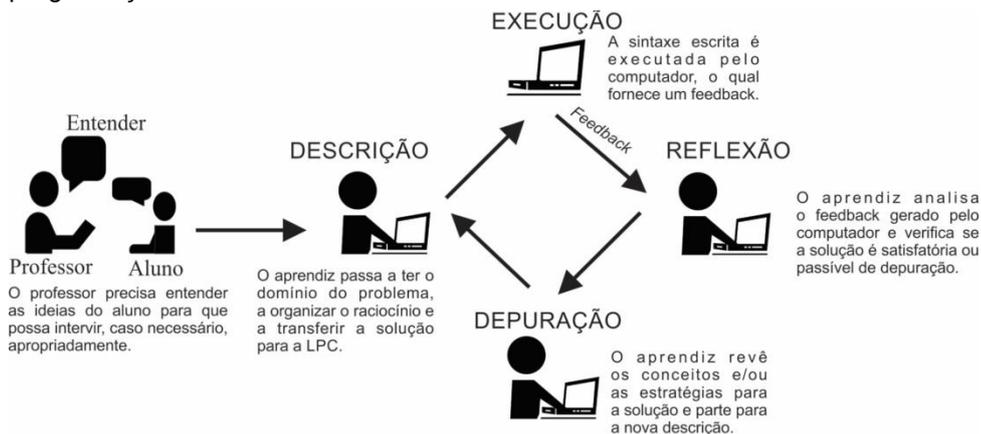
O conteúdo ou atividades voltadas à programação exigem, por parte do programador, um domínio de uma LPC específica, o que irá possibilitar a codificação do programa e seu processamento pelo computador. Ela também requer a exploração e o conhecimento da situação-problema abordada e alguma criatividade, haja vista que uma solução pode ser expressa de diferentes possibilidades. A construção de programas inibe, portanto, a reprodução e memorização de informações e requer uma formalização de atividades lógicas, reflexão, dedicação à atividade e pesquisas em relação ao problema a ser modelado e a LPC adotada (MALTEMPI e VALENTE, 2000). Seymour Papert, ainda na década de 60, vislumbrou todas essas possibilidades – desejáveis a um ambiente de aprendizagem – e, buscando explorá-las, investiu na elaboração de sua teoria construcionista.

Desta forma, “elaborar um programa significa manipular um sistema de palavras e de regras formais, que constituem a sintaxe e a estrutura da linguagem, que dão suporte para se representar os conhecimentos e as estratégias necessárias à solução do problema” (ALMEIDA, 1999, p.19). Essa prática é iniciada a partir de um problema pelo qual se almeja uma solução. Do ponto de vista educacional, é partir daí que se estabelece a interação sujeito-aluno x computador x sujeito-professor, na qual o sujeito aluno passa a descrever suas ações a serem executadas pelo computador. Na sequência, o aluno pode refletir sobre suas próprias ideias e depurá-las dentro de

um processo de retroalimentação. Essa última é provida pelo feedback do computador, ou mesmo pelas intervenções do computador e/ou colegas (ATOÉ E PENATI, 2005).

Dada a relevância da interação estabelecida na atividade cognitiva de programação de computadores, vários autores – Valente (1993, 1999, 2002), Almeida (1999), Maltempi e Valente (2000), Altoé e Penati (2005), Freire e Prado (1995) – descrevem-na em quatro etapas, a saber: descrição da resolução do problema nos termos da linguagem de programação, execução dessa descrição pelo computador, reflexão sobre o que foi produzido pelo computador e depuração dos conhecimentos por intermédio da busca de novas informações ou do pensar, as quais foram denominadas DERD.

Figura 42 - Interação aluno-computador-professor estabelecida na atividade de programação.



Fonte: Adaptado de Valente (2003).

O ciclo Descrição-Execução-Reflexão-Depuração-Descrição, figura 42, não ocorre simplesmente colocando o aluno frente ao computador. A interação aluno-computador precisa ser mediada por um profissional que tenha conhecimento do significado do processo de aprendizado através da construção do conhecimento (VALENTE, 1993). Entretanto, o nível de envolvimento e a atuação do professor são facilitados pelo fato de o programa ser a descrição do raciocínio do aluno e explicitar o conhecimento que o aluno tem sobre o problema que está sendo resolvido.

Cada etapa descrita é acompanhada por características bem específicas, a saber:

Descrição: Representa a descrição da resolução do problema em termos da LPC, o que corresponde às atribuições correlatas ao problema a ser resolvido, em que

o aprendiz se utiliza de seus conhecimentos prévios: conceitos relativos à questão, estratégias de aplicações dos conceitos e das linguagens de programação, bem como o próprio computador – para explicitar, passo a passo, a solução do problema. Vale ressaltar que essa descrição vem acompanhada da elaboração de algoritmos sob a forma de pseudocódigos. Isto é, através de um algoritmo, o aluno poderá transcrevê-lo, através da sintaxe específica, para a LPC.

Execução: Corresponde à execução da descrição do problema, isto é, uma vez elaborado o algoritmo, o mesmo passará a ser codificado na LPC, o qual poderá ser lido, interpretado e executado pelo computador. Ao ser executado o computador transmitirá ao aluno um feedback inerente ao que foi solicitado à máquina.

Reflexão: Corresponde a análise do que foi produzido pela máquina, ou seja, a máquina, tal como executora, fornecerá o resultado, que levará o aprendiz a avaliar, interpretar e refletir a respeito dos resultado fornecido (feedback), o qual poderá provocar diferentes situações: O aluno alcança o sucesso - a descrição conseguiu suprir a solução do problema e finaliza a atividade; acontece um erro na descrição ou durante a execução (bug) – esse é apresentado ao aluno para a correção; ou ainda, mesmo que o aluno tenha conseguido uma solução satisfatória ele buscará, ainda mais, por melhoras em sua construção. Nas duas últimas situações mencionadas, o processo evolui para o estágio de depuração.

Depuração: Estágio pelo qual os conhecimentos são reorganizados por intermédio da busca de novas informações ou do pensar. Na etapa anterior, o computador pode acusar um erro de sintaxe (por exemplo, um termo da LPC que escrito erroneamente), ou mesmo um equívoco na lógica empregada na construção do programa. Na primeira situação o aluno terá que rever a sintaxe de programação da linguagem utilizada e corrigir o que estiver em conflito. Já, na segunda situação, o aprendiz precisará reconsiderar a sua estratégia de solução, com o intuito de melhorá-la e adequá-la. Ressalta-se que, embora o aluno busque no processo de depuração apenas melhorar sua construção, o mesmo passará por todo processo pós-depuração, haja vista a revisão das estratégias e conceitos que deverão ser feitas, o que implica a uma nova descrição, execução, reflexão e depuração, perpetuando-se num processo contínuo até que o educando se torne por satisfeito.

As potencialidades das tecnologias digitais e as diferentes tomadas de decisão provocadas a partir da situação-problema, do algoritmo e a própria modelagem sintática das LPC, agregam, no campo educacional, modelos de aprendizagem

capazes de abranger todas as áreas do conhecimento, com observâncias as diversas práticas sociais e ao mundo do trabalho, conforme Brasil (2018).

...são definidas competências e habilidades, nas diferentes áreas, que permitem aos estudantes: usar diversas ferramentas de *software* e aplicativos para compreender e produzir conteúdos em diversas mídias, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento, e elaborar e explorar diversos registros de representação matemática (BRASIL, 2018, p.474).

5.3 – O Pensamento Computacional na Educação Matemática.

A procura por temas que remetem estímulo ao Pensamento Computacional é cada vez mais frequente, principalmente no campo da educação matemática, no tocante ao desenvolvimento de habilidades e uso de tecnologias. Tais estudos abordam temas que vão da utilização de softwares, introdução a programação voltados à resolução de problemas, até o desenvolvimento de jogos digitais e kits de Robótica nas aulas de Matemática.

Para Mestre *et al.* (2015), o pensamento computacional utiliza conceitos da Ciência da Computação como auxílio para a resolução de problemas. Entretanto, é preciso ressaltar que tais conceitos não são únicos da Ciência da Computação.

As habilidades estimuladas pelo Pensamento Computacional estão diretamente relacionadas à resolução de problemas. Essas habilidades envolvem a capacidade de ler, interpretar textos, bem como, compreender as situações reais propostas nos problemas e transpor as informações destas situações para modelos matemáticos, científicos ou sociais (MESTRE *et al.* 2015, p. 1283).

Esta afirmação de Mestre *et al.* (2015) é corroborada por outros autores como Barcelos *et al.* (2012) que destacam a possibilidade de desenvolver habilidades cognitivas através do Pensamento Computacional e a Matemática do ensino básico, visto que tais habilidades podem melhorar a aprendizagem de inúmeros conteúdos. Seguindo o mesmo enfoque, Rodriguez *et al.* (2015), destacam a importância da implementação de jogos digitais, por meio das noções básicas de programação, para o desenvolvimento do raciocínio lógico e a resolução de problemas de forma lúdica e dinâmica. Santos (2018) versa que a robótica educacional, relacionada a conceitos matemáticos, torna-se instrumento válido para obter indicadores dos invariantes operatórios.

Morais, Basso e Fagundes (2017) defendem o desenvolvimento de novas experiências em sala de aula, por meio de metodologias de ensino de Matemática; o intuito é fazer com que mais educadores ensinem a disciplina a partir da programação.

Os autores afirmam que o pensamento computacional, sob a abordagem da programação, desenvolve o raciocínio lógico e a aprendizagem dos conceitos matemáticos.

Desta forma, observa-se que o Pensamento Computacional na Educação Matemática vem sendo abordado cada vez mais nas salas de aula, destacando-se por suas inovações, as novas abordagens de trabalho e resolução de problemas.

O pensamento computacional envolve as capacidades de compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos (BRASIL, 2018, p.474).

Neste panorama, desenvolvem-se habilidades com algoritmos e com a representação e automação de dados, além da abstração e generalização de padrões; consiste em um campo de inovação para a educação — que recebe influência direta das tecnologias digitais da atualidade. Vale ressaltar que o uso destas tecnologias em sala de aula, devem considerar serem de fácil acesso e manuseio, referentes ao desenvolvimento das habilidades e competências que se propuserem, com o intuito de alcançar os resultados e objetivos pretendidos. Ou seja, o Pensamento computacional leva o aluno a abstração ao se deparar com uma tarefa grande ou, ainda, ao se projetar um sistema complexo a partir da acessibilidade às tecnologias necessárias.

Pensamento Computacional é a separação de interesses. É escolher uma representação apropriada para um problema ou modelagem dos aspectos relevantes de um problema para torná-lo tratável. É usar invariantes para descrever o comportamento de um sistema de forma sucinta e declarativa. É ter a confiança de que podemos usar, modificar e influenciar um sistema grande e complexo sem entender todos os seus detalhes com segurança, modularizar algo em antecipação de múltiplos usuários ou prefetching e caching em antecipação de um uso futuro (WING, 2016, p.3).

O ensino desta competência poderá ser contemplado a partir do uso de *softwares* para programação e modelagens de problemas, criação de jogos, criação de protótipos robotizados ou, ainda, aplicativos, pelos quais, a partir de uma situação-problema e de tarefas bem definidas, dentro de uma disciplina, os alunos terão que buscar soluções para a proposição dada, bem como voltar o raciocínio aos conteúdos curriculares inerentes às tarefas propostas.

Assim, o pensamento computacional procura buscar o raciocínio lógico para a solução de uma dada situação-problema por meio de algoritmos, pelos quais enfatiza-se o planejamento, as estratégias e as concessões entre o tempo e o espaço para desenvolvê-los, dentro de um sistema computacional. Seu desenvolvimento vai além

da habilidade de programar ou mesmo de construir um artefato, precisa levar o indivíduo a pensar em múltiplos níveis de abstração. Isto é, uma vez de posse das ferramentas, os usuários passarão a usar a inteligência para resolver problemas que sequer ousariam tentar antes da era da computação e construir sistemas com funcionalidades limitadas apenas por suas imaginações. Sendo, portanto, de grande relevância sua exploração no âmbito escolar, em consonância ao ensino de matemática, tendo em vista sua importância no desenvolvimento do raciocínio lógico-analítico.

Na seção seguinte será tratado a respeito do software Scratch, da placa Arduino e suas aprimorações no campo da programação voltada a educação.

6 – SCRATCH, ARDUINO E SCRATCH FOR ARDUINO – S4A.

O Scratch foi concebido no Lifelong Kindergarten Group do Massachusetts Institute of Technology (MIT), onde um de seus desenvolvedores, Mitchel Resnick, é professor e pesquisador deste instituto e é considerado uma das maiores referências sobre estudos do *Scratch* aplicado a educação (RESNICK, 2007). É uma linguagem de programação gratuita, em um ambiente gráfico inspirada no Logo e Squeak (Etoys), que possibilita ao professor criar aulas experimentais como forma de desenvolver o raciocínio lógico e a capacidade crítica do aluno. Além da possibilidade que o aluno tem em criar experiências, compartilhar, testar e analisar seus resultados em um ambiente virtual.

O Arduino nasceu na Itália, no Interaction Design Institute Ivrea (IDII), em uma pós-graduação de design de interação focada em como as pessoas interagem com produtos, sistemas e ambientes digitais, e como eles, por sua vez, nos influenciam.

Segundo Nussey (2019), o termo design de interação foi inventado por Bill Verplank e Bill Moggridge em meados da década de 1980. Sua premissa básica consiste em: se você faz alguma coisa, sente uma mudança e, a partir disso, consegue saber algo sobre o mundo, conforme figura 43.

Figura 43 – Design de Interação.



Fonte: Nussey (2019, p.8)

O design de interação refere-se mais especificamente a como se interagir com computadores convencionais usando periféricos (mouses, teclados e telas sensíveis ao toque) para navegar em um ambiente digital que, por sua vez, é exibido graficamente em uma tela (NUSSEY, 2019).

Com o intuito de ampliar o alcance dos programas de computadores (softwares / sistemas) foi criada outra via denominada computação física, a qual utilizava componentes eletrônicos programáveis a fim de haver uma maior interação entre o computador e o meio físico. No entanto, ambas as áreas, design de interação e

computação física, exigiam um maior conhecimento técnico. Esta preocupação levou no decorrer do tempo à busca de projetos que não exigissem tanto os conhecimentos de programação, projeto Processing em 2001, e que as placas microcontroladoras fossem mais acessíveis, projeto Wiring / placa microcontroladora Wiring em 2003.

Embora o Projeto Wiring fosse de baixo custo, comparada as placas da época, ainda representava um valor alto para os estudantes, o que levou, os estudantes Massimo Banzi e David Cuartielles a criarem, no ano de 2005, o projeto Arduino, baseado nas experiências do Processing e do Wiring, como resposta à necessidade de dispositivos acessíveis e de fácil manuseio aos estudantes de design e interação (NUSSEY, 2019).

O Arduino é uma plataforma de computação física de fonte aberta, com base em uma placa simples de entrada/saída¹ (input/output, ou I/O), assim como um ambiente de desenvolvimento que implementa a linguagem Processing (www.processing.org). O Arduino pode ser utilizado para desenvolver objetos interativos independentes, ou conectado a softwares de seu computador. Utiliza prototipagem eletrônica com *hardware* e *software* livre, possibilitando que qualquer pessoa tenha acesso à documentação e consiga criar, manualmente, sua própria placa, ou ainda, possa adquiri-las pré-montadas (BANZI, 2011, p. 17, grifo do autor). A sua prototipagem e experimentação centram-se em criar e construir objetos reutilizando tecnologias existente, equipamentos descartados e materiais de baixo custo.

Com a filosofia de desenvolver projetos, ao invés de falar deles, o Arduino foi criado para promover experiências significativas entre humanos e objetos por meio de experiências interativas através da Computação Física que envolve objetos interativos que podem se comunicar com humanos utilizando sensores e atuadores controlados por um comportamento implementado como software, executado dentro de um micro controlador [sic] (um pequeno computador ou chip individual) (BANZI, 2011, p. 19).

A plataforma Arduino possui dois componentes principais: a placa Arduino e o Integrated Development Environment – IDE² (software Arduino). O primeiro “é uma pequena placa micro controladora [sic], ou seja, um pequeno circuito (a placa) que contém um computador inteiro dentro de um pequenino chip (o microcontrolador)” (BANZI, 2011 p. 34); o segundo, IDE do Arduino, é um software de desenvolvimento integrado, o qual é apresentado como uma interface gráfica de usuário (GUI), utilizado

¹ Dispositivos de entrada/saída de dados são aqueles que ajudam o computador a obter os dados do usuário (entrada) e transmiti-los (saída) ao receptor através de uma linguagem decifrável.

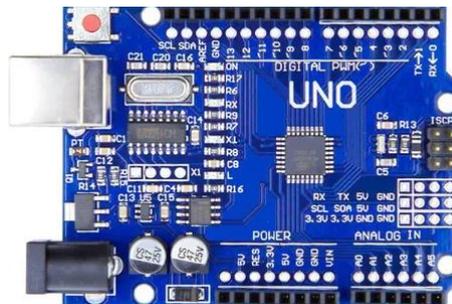
² IDE é um software para criar aplicações.

para criar um programa de computador (sketch³), em linguagem de programação C, ou ainda carregar um sketch já existente, o qual dará ordens a placa a partir do momento em que o upload do sketch para a placa for realizado.

Desta forma, para programar a placa Arduino precisamos ter o software, IDE, salvo no computador, conectar a placa Arduino ao computador, através da porta USB e finalmente fazer o upload do sketch para a placa, possibilitando que a mesma execute o que foi criado.

Há muitas versões para a placa, sendo que a versão utilizada nesta pesquisa é o Arduino Uno, R3, figura 44, que é uma versão simples, resistente e de baixo custo, adequada para iniciantes em criação de protótipos (NUSSEY, 2019).

Figura 44 - Placa Arduino Uno – R3.



Fonte: Foto da placa.

Banzi (2011) especifica que a placa Arduino UNO, R3, possui 14 pinos digitais de entrada/saída (dependendo do que for especificado pelo sketch), que são enumerados de 0 à 13, dos quais: 6 pinos (3, 5, 6, 9, 10 e 11) podem ser reprogramados para saída analógica, através do programa criado no sketch; e 6 pinos de entrada analógica, enumerados de 0 à 5 (A0, A1, ..., A5). Os pinos digitais recebem valores referentes aos estados de ligado ou desligado, o que, em termos elétricos, se convertem em valores de 0 ou 5V, sem nenhum valor no intervalo entre eles (NUNSSY, 2019). Já os analógicos, recebem valores referente a tensão de um sensor, convertendo-os em um número entre 0 e 1023, os quais representam voltagens entre 0 e 5 volts, ou seja, se a tensão for 2,5V, o número que será retornado na entrada analógica será 512. Cada pino de saída do Arduino funciona com 5 volts (V). A placa arduino poderá vir, dependendo do fabricante, com uma ou duas saídas diretas de 5V e uma saída direta de 3,3V.

³ Sketch – programa de computador desenvolvido pelo usuário.

De uma forma geral, segundo Banzi (2011):

- A entrada digital permite a leitura do estado em que se encontram os sensores, por exemplo, ligado ou desligado.
- A entrada analógica permite a leitura de sensores que enviam um sinal contínuo, como por exemplo, um sensor de som;
- A saída digital permite controlar um sensor, como por exemplo, controlá-lo em relação à quando ligar e quando desligar, e permite controlar motores e emitir sons, entre outros.
- A saída analógica permite-nos controlar algo contínuo, como por exemplo, a velocidade de um motor.

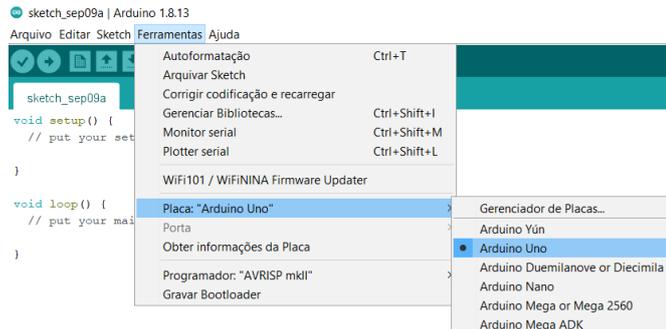
O IDE permite a criação de sketches através da linguagem de programação C, que são enviados à placa Arduino, dando vida (funcionamento) a ela. Portanto, para programar a placa Arduino, faz-se necessário a instalação do IDE no computador, a programação ou carregamento de um sketch existente, e, por conseguinte, conectar a placa a porta USB do computador, para então, fazer o upload do sketch à mesma, o que possibilitará a execução do que foi criado.

O truque de verdade acontece quando você pressiona o botão que faz o upload do sketch para a placa: o código que você escreveu é traduzido para a linguagem C (geralmente difícil de ser utilizada por iniciantes) e é transmitido para o compilador avr-gcc, importante software de código aberto que realiza a tradução final de seus comandos, agora para uma linguagem que pode ser compreendida pelo microcomputador. Esse último passo é muito importante, é aqui que o Arduino simplifica sua vida, ocultando ao máximo as complexidades inerentes à programação de micro controladores [sic] (BANZI, 2011, p. 36).

Uma vez adquirida a placa Arduino, no caso a R3, haverá a necessidade de baixar e instalar o software do Arduino (IDE), como mencionado anteriormente, para isso basta acessar o site buscando por “Arduino.cc”, nos sites de buscas, e na guia download, baixar a versão para o seu sistema operacional. Com o software instalado, antes de criar os sketches, a placa utilizada deverá ser informada à IDE. Para isto segue-se os passos:

Na barra de menu principal do Arduino, vá em Ferramentas, figura 45, depois em “Placa” e selecionar o tipo da placa utilizada, no caso, Arduino Uno.

Figura 45 - Menu Ferramentas do software Arduino.

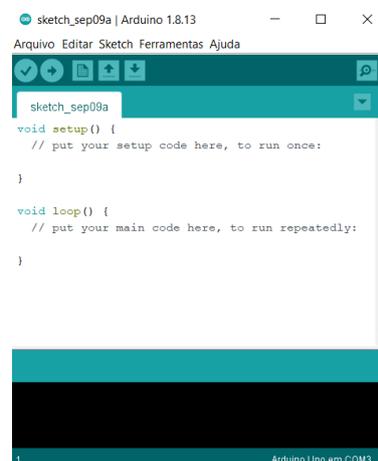


Fonte: Print da IDE do Software.

Em seguida, a porta serial utilizada, também, deverá ser informada. A porta serial é a conexão que permite que seu computador e o dispositivo Arduino se comuniquem. Serial descreve o modo de como os dados são enviados, um bit de dados (0 ou 1) por vez. A porta é a interface física, neste caso, um cabo USB (NUNSSY, 2019).

Para definir a porta serial, conecta-se a placa Arduino ao computador, através do cabo USB. Continuando, no IDE, seleciona-se a opção Ferramenta, depois, selecionar o item “Porta”, no qual aparecerá todos os dispositivos conectados ao computador. Feito isso, procurar e selecionar a porta direcionada a placa Arduino conectada (para Windows: COM1, COM2 ou COM3), a qual deverá estar com o nome “Arduino Uno”. Após a seleção, ela deverá aparecer no canto inferior direito da interface gráfica do Usuário (GUI) do Arduino, junto com a placa selecionada, conforme figura 46, o que a torna apta a receber a programação (sketch).

Figura 46 - Interface Gráfica do Usuário do software Arduino.



Fonte: Print da IDE do Software.

No projeto se utilizará um Sketch pronto, o qual permitirá o uso da placa Arduino junto ao Software Educacional Scratch For Arduino – S4A, possibilitando a sincronia entre a sintaxe de programação em C++ e a programação em blocos.

O software Scratch for Arduino – S4A foi desenvolvido pelo CITILAB e pelo grupo Edutec, com ajudas da Smalltalk.cat e Jorge Gómez (CITILAB, 2016). É uma modificação do Scratch⁴ do Massachusetts Institute of Technology (MIT). Surgiu da busca em ampliar o potencial do *Arduino*, principalmente referente à educação, no sentido em que amplia as possibilidades de usuários, facilitando o manuseio e retirando a necessidade de conhecimentos específicos em programação de computadores para controlar o Arduino, a qual torna-se dispensável, pois o mesmo traz a utilização do paradigma orientado a blocos, bastando, simplesmente, utilizar os blocos de comandos do Scratch, montando-os como se fosse um “quebra-cabeça” para interagir com o Arduino e seus componentes.

Marji (2014, p.17) aponta que o modelo de programação utilizado pelo software Scratch “estimula a busca pelo conhecimento e incentiva o aprendizado prático e autônomo por meio da exploração e da descoberta” além de possuir um ambiente gráfico que trabalha a autonomia e o “desenvolvimento cognitivo do aluno, ofertando-lhe o poder da criação e da criatividade, da assimilação dos resultados através de experiências” (BAIÃO, 2016, p. 29). Esta nova forma de programação retirou a necessidade de saber códigos e palavras.

O S4A possui uma linguagem de programação do tipo drag and drop (arraste e solte). Este tipo de linguagem disponibiliza blocos para construir os comandos e estes são criados através de ações com o mouse. Diferente da linguagem de programação textual onde o usuário precisa ter conhecimento prévio de sintaxes, palavras reservadas, bibliotecas e etc. A linguagem de programação gráfica é rica em cores, símbolos e ícones pensados para facilitar a interação do usuário, principalmente, crianças (BAIÃO, 2016, p. 36-37).

Assim como no Scratch, no S4A há a necessidade de ter um ator, que nesse caso, será a placa Arduino. Também é possível ter vários atores, conectando várias placas de Arduino ao computador, adicionando um novo ator para cada Arduino conectado. A compatibilidade com o Scratch é tal, que é possível abrir projetos do Scratch no S4A, porém, não é permitido realizar o processo inverso. Além dos blocos

⁴ O Scratch é uma plataforma de programação visual desenvolvida pelo MIT, pela qual é possível criar animações, jogos e histórias interativas através da programação em blocos.

já existentes no Scratch, o S4A possui blocos para atender as funcionalidades básicas da placa Arduino, como leituras digitais e analógicas, além de servomotores de rotação padrão e contínua.

O S4A permite o trabalho com seis entradas analógicas, duas entradas digitais, três saídas analógicas, três saídas digitais e quatro saídas para conectar servos motores de rotação, ou seja, ao conectar os condutores na placa Arduino, precisamos estar atentos aos blocos e pinos disponíveis no S4A para serem programados.

Como mencionado anteriormente, para se comunicar com a placa Arduino é preciso ter o IDE instalado no computador em que a placa será conectada para realizar-se o upload do sketch.

Para utilizar-se a placa Arduino no S4A, faz-se necessário o upload de um sketch/firmware⁵, uma única vez, referente a essa comunicação entre eles, cuja programação esteja direcionada, para que a linguagem utilizada pelo S4A seja traduzida para a linguagem compreendida pela placa Arduino, sempre que a programação criada for executada. No site S4A.cat, figura 47, é possível fazer o download do software e do firmware utilizado para o funcionamento e o sincronismo entre a placa e o S4A.

Figura 47 - Site S4A.cat

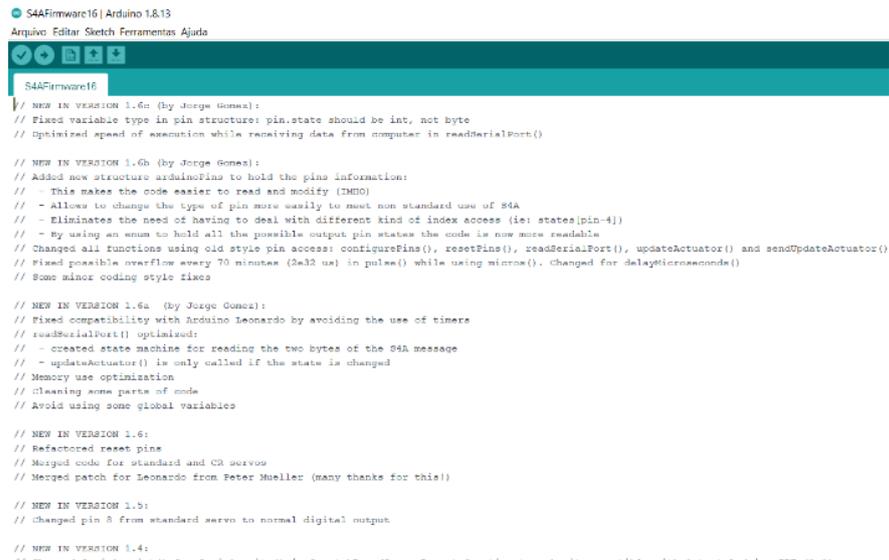


Fonte: <http://s4a.cat/>

Antes da instalação/execução do S4A, deve-se carregar a placa Arduino com o firmware baixado. Para isso, com a placa conectada ao computador, deve-se abrir o IDE, depois ir ao menu arquivo e em seguida abrir. Procurar a pasta onde o firmware foi armazenado e abri-lo no GUI, conforme figura 48.

⁵ Firmware é um software para o controle de dispositivos eletrônicos.

Figura 48 - Firmware Arduino.



```

S4AFirmware16 | Arduino 1.8.13
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

S4AFirmware16
// NEW IN VERSION 1.6a (By Jorge Gomez):
// Fixed variable type in pin structure: pin.state should be int, not byte
// Optimized speed of execution while receiving data from computer in readSerialPort()

// NEW IN VERSION 1.6b (by Jorge Gomez):
// Added new structure arduino_pins to hold the pins information:
// - This makes the code easier to read and modify (IMHO)
// - Allows to change the type of pin more easily to meet non standard use of S4A
// - Eliminates the need of having to deal with different kind of index access (ie: states[pin-1])
// - By using an enum to hold all the possible output pin states the code is now more readable
// Changed all functions using old style pin access: configurePins(), resetPins(), readSerialPort() and sendUpdateActuator()
// Fixed possible overflow every 70 minutes (2x32 us) in pulse() while using minrow(). Changed for delayMicroseconds()
// Some minor coding style fixes

// NEW IN VERSION 1.6a (By Jorge Gomez):
// Fixed compatibility with Arduino Leonardo by avoiding the use of timers
// readSerialPort() optimized:
// - created state machine for reading the two bytes of the S4A message
// - updateActuator() is only called if the state is changed
// Memory use optimization
// Cleaning some parts of code
// Avoid using some global variables

// NEW IN VERSION 1.6:
// Refactored reset pins
// Merged code for standard and CR servos
// Merged patch for Leonardo from Peter Mueller (many thanks for this!)

// NEW IN VERSION 1.5:
// Changed pin 8 from standard servo to normal digital output

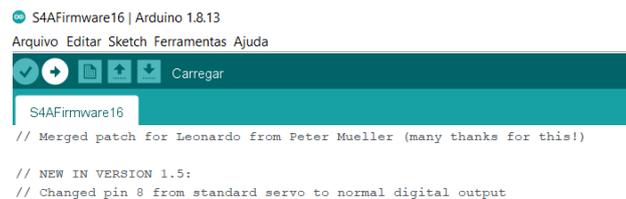
// NEW IN VERSION 1.4:

```

Fonte: IDE do software.

Com a placa conectada, clique no ícone carregar, figura 49, o que possibilitará o armazenamento das informações para o funcionamento da placa Arduino com o S4A dentro dos limites do firmware utilizado, ou seja, de acordo com o projeto a ser desenvolvido, poderá haver necessidade de firmwares mais específicos, os quais poderão ser buscados nas diversas bibliotecas online referentes ao S4A.

Figura 49 - Ícone carregar.



```

S4AFirmware16 | Arduino 1.8.13
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

Carregar

S4AFirmware16
// Merged patch for Leonardo from Peter Mueller (many thanks for this!)

// NEW IN VERSION 1.5:
// Changed pin 8 from standard servo to normal digital output

```

Fonte: IDE do software.

Após o carregamento, o IDE deverá ser fechado, para evitar conflitos, e em seguida continuar com a instalação e execução do S4A.

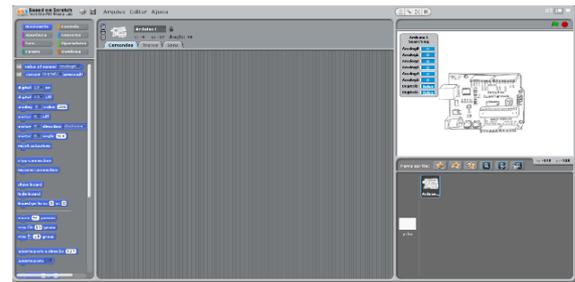
Com a software aberto e a placa conectada ao computador, ao lado direito da interface deverá aparecer uma janela com as portas oscilando valores numéricos, conforme figura 50, o que indica que a placa e o software estão se comunicando, caso contrário, estará sem comunicação, figura 51.

Figura 50 - Placa com comunicação.



Fonte: Interface do software

Figura 51 - Placa sem comunicação.



Fonte: Interface do software

COMPONENTES

Para o desenvolvimento do projeto, procurou-se utilizar o menor custo material possível, onde, durante a execução do experimento, poderão ser utilizados componentes de sucata e materiais recicláveis. Desta forma utilizou-se: 02 placas Arduino Uno R3; 03 Micro Servomotor 9G SG90; 02 motores DC 3 – 6V com redução; 01 Chassi Carro para Arduino; 12 leds verdes; 08 leds vermelhos; 06 leds amarelos; 02 leds alto brilho azuis; 01 protoboard pequena; 01 Módulo Ponte H dupla HG 7881; 8 jumpers médios “macho-fêmea”; 11 jumpers médios “macho-macho”; 01 sensor de distância ultrassônico; 01 bateria de 9V com clip conector “plug rabicho” e 10 resistores 1KΩ.

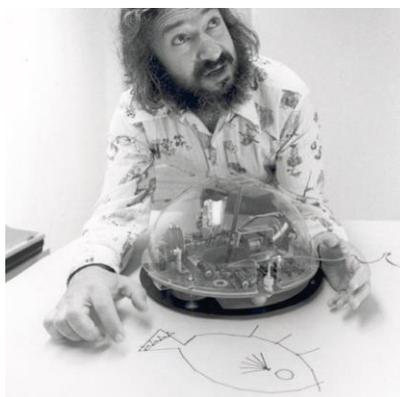
No próximo capítulo, será abordado toda fundamentação teórica para o desenvolvimento da robótica educacional, seu precursor e as teorias que embasam seu uso didático, com enfoque principal na teoria Construcionista e as possibilidades do uso da robótica no ensino e aprendizagem de Prismas Retos.

7 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA – ROBÓTICA EDUCACIONAL, CONSTRUCIONISMO E O BRINQUEDO NA APRENDIZAGEM DE PRISMAS RETOS.

7.1 – Robótica Educacional.

A Robótica Educacional surgiu com a criação da linguagem de programação LOGO, desenvolvida por Seymour Papert em meados de 70, a qual era utilizada em um computador conectado a um robô, denominado Tartaruga de Chão (Floor Turtle), figura 52, por meio de um longo “cordão umbilical”, em que, a partir das instruções escritas em LOGO, a mesma traçava figuras simples no chão (RESNICK et al, 1996). Embora a linguagem não exija um conhecimento exímio em computação ou em matemática, fato pelo qual qualquer criança pode manuseá-la, a LOGO envolve também as linguagens de programação profissionais e parte, basicamente, da exploração de atividades espaciais, desenvolvendo conceitos numéricos e geométricos (PAPERT, 1986).

Figura 52 - Papert e a Tartaruga de Chão (Floor Turtle).



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Seymour-Papert-e-la-tartaruga-LOGO-Foto-di-Matematicamenteit_fig1_347554950

No início dos anos 90, a empresa dinamarquesa de brinquedos Lego propiciou um novo enfoque para a Robótica Pedagógica, a partir de sua fusão com a linguagem LOGO. Pela qual, acrescentou em seus blocos de montar alguns motores, eixos, engrenagens e sensores, conectados a um computador no qual se escreviam instruções de programação em Logo. O que abriu possibilidades para o desenvolvimento de atividades com características, qualitativamente, distintas daquelas desenvolvidas com o robô tartaruga de Papert.

Com a junção dos brinquedos LEGO e a linguagem LOGO, criou-se alguns softwares voltados ao ensino aprendizagem como o RoboEduc, o qual utiliza-se de parâmetros que incentivam a aprendizagem a partir da interação entre o aluno e o objeto de estudo.

A Robótica Educacional é o desdobramento natural das crenças e dos trabalhos de seu criador. A aula geralmente é direcionada para a construção de um protótipo e, posteriormente, é feita a programação deste, considerando sempre a idade e a capacidade cognitiva de cada aluno. As atividades de robótica educacional motivam e encorajam os alunos a resolverem problemas autênticos que são significativos para eles, proporcionando-lhes a oportunidade de vivenciarem a experiência de buscar e encontrar soluções.

Segundo Papert (1986) na Robótica Educacional:

- O projeto deve ter por base a construção de objetos físicos.
- Os objetos construídos pelos alunos devem ser programados por eles.
- Em cada projeto o aluno deve criar seus objetos de estudos de maneira livre e colaborativa.

A robótica educacional é, portanto, um ambiente de ensino e aprendizagem baseado na construção de um protótipo, robô, com componentes eletromecânicos e processadores ligados a um software de computador, cujas características, definidas por Seymour Papert, são projetos em que os alunos possam criar, construir e programar seus próprios objetos de estudo.

Zapata et al.(2004) consideram a Robótica educativa como uma ferramenta pedagógica que:

- Cria ambientes de aprendizagem interessantes e motivadores;
- Coloca o papel do professor como facilitador da aprendizagem e o aluno como construtor ativo da aprendizagem;
- Promove a transversalidade curricular, onde diversos saberes permitem encontrar a solução para o problema em que se trabalha;
- Permite estabelecer relações e representações.

Caracteriza-se, ainda, a robótica educacional como um ambiente de trabalho, onde os alunos têm a oportunidade de montar e programar seu próprio sistema robotizado, controlando-os através de um computador com softwares especializados. Este termo pode ser visto nas áreas de “mecânica, cinemática, automação, hidráulica, informática e inteligência artificial em um ambiente de aprendizagem” STEFFEN (S.I.).

Nesse ambiente, a construção e o controle de dispositivos (usando kits de montar ou outros materiais, como sucata, motores e sensores controláveis por computador e softwares) devem propiciar o manuseio e a construção de novos conceitos. Assim, a robótica ligada à educação é denominada Robótica Educativa ou Robótica Pedagógica, ambas com o mesmo sentido (CASTILHO, 2002).

Nas escolas públicas a robótica educacional tem encontrado grandes possibilidades em desenvolver projetos interdisciplinares, à medida que sua arquitetura consegue agregar matemática, ciência e outras disciplinas, através de tarefas planejadas, em um único projeto. Além da possibilidade em si trabalhar temas transversais como sustentabilidade ou questões ambientais, com destaque para a utilização de sucatas e materiais recicláveis em seu desenvolvimento. Sua aplicação vai de acordo com a estrutura e recursos de cada escola, bem como a formação dos docentes. Atualmente com as exigências cada vez maior em se desenvolver a computação nas escolas – “Pensamento Computacional”, “mundo digital” e “Cultura Digital” (BRASIL, 2018) e a necessidade em se estruturar os itinerários formativos, os quais “possibilitam opções de escolha aos estudantes – podem ser estruturados com foco em uma área do conhecimento, na formação técnica e profissional ou, também, na mobilização de competências e habilidades de diferentes áreas” (BRASIL, 2018, p.477), algumas secretarias educacionais passaram a buscar possibilidades para o uso da robótica nas escolas, principalmente, no que se refere aos itinerários da área de matemática e suas tecnologias, que buscam:

Aprofundamento de conhecimentos estruturantes para aplicação de diferentes conceitos matemáticos em contextos sociais e de trabalho, estruturando arranjos curriculares que permitam estudos em resolução de problemas e análises complexas, funcionais e não-lineares, análise de dados estatísticos e probabilidade, geometria e topologia, robótica, automação, inteligência artificial, programação, jogos digitais, sistemas dinâmicos, dentre outros, considerando o contexto local e as possibilidades de oferta pelos sistemas de ensino. (BRASIL, 2018, p.477).

Dentre os jovens, a robótica educacional assume um papel interativo, desafiador e competitivo, tendo grande influência das competições realizadas no Brasil, das quais podemos citar o Torneio de Robótica First Lego League, organizado pelo SESI - Serviço Social da Indústria, desde 2013. A cada temporada estudantes de 09 à 16 anos, de escolas públicas e particulares, são desafiados a apresentar soluções inovadoras para determinados temas. Na temporada 2020/2021, o desafio RePLAY desafiaram jovens a repensarem espaços para exercícios, competições e brincadeiras com foco na realidade atual e de olho no futuro. Para isso, eles aplicaram

conceitos de STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts e Mathematics) na criação de projetos de inovação, no qual são levados a construir e programar robôs, atribuídas através de missões a serem completadas, cujo o objetivo final é se divertir. Durante a competição, cada equipe precisa apresentar um projeto com uma solução inovadora para o tema, além de planejar, projetar e construir robôs com peças Lego.

7.2 – Construcionismo.

Concebido pelo psicólogo e matemático sul-africano Seymour Papert, no final da década de 60, o Construcionismo é uma reconstrução teórica do Construtivismo de Piaget, tem a criança como um “ser pensante” e construtora de suas próprias estruturas cognitivas, mesmo sem ser ensinada; alinhado à lógica de Dewey, da experimentação contextualizada, pela qual os alunos aprendem melhor realizando tarefas reais associadas aos conteúdos ensinados, isto é, atividades manuais e criativas devem ganhar destaque no currículo, e as crianças precisam ser estimuladas a experimentar e pensar por si mesmas (DEWEY, 2010).

A Educação, na visão de Dewey, é uma constante reprodução da experiência, de forma a dar-lhe cada vez mais sentido e a habilitar as novas gerações a responder os desafios da sociedade. Educar, portanto, é mais do que reproduzir conhecimentos, é incentivar o desejo de desenvolvimento contínuo, preparar pessoas para transformar algo. (RAMALHO, 2011).

Papert expõe que estruturas intelectuais são construídas pelo aluno, e não ensinadas por um professor, não significando, contudo, que elas sejam construídas do nada. Pelo contrário, como qualquer construtor, a criança se apropria, para seu próprio uso, de materiais que ela encontra, e, mais significativamente, de modelos e metáforas sugeridos pela cultura que a rodeia (PAPERT, 1986).

Os trabalhos de Piaget foram cruciais para o desenvolvimento do Construcionismo, influenciado principalmente pelos anos em que Papert trabalhou ao seu lado em Genebra, como também pelos conceitos da Inteligência Artificial que floresciam no MIT (Massachusetts Institute of Technology) e das oportunidades oferecidas pela tecnologia para o desenvolvimento de uma educação contextualizada, onde os estudantes investem na construção de elementos que lhes sejam significativos e através da qual determinados conhecimentos e fatos que possam ser aplicados e compreendidos (PAPERT, 1986, p.8). Diferentemente de abordagens em que o computador era visto como uma máquina de ensinar, com informações a partir

das respostas do aluno, Papert propôs uma visão mais centrada na construção do conhecimento em si, em que a tecnologia deveria ser utilizada como algo que possibilitasse a criação de situações específicas para o aprendizado.

Prado (1999) relata que Piaget e seus colaboradores contribuíram efetivamente para a compreensão do desenvolvimento humano e que o Construcionismo de Papert inspirou-se, em parte, na psicologia genética de Piaget, “no qual o desenvolvimento cognitivo é um processo de construção e reconstrução das estruturas mentais” (PRADO op. cit., p.27).

Para Piaget (1972), o sujeito ao agir, desenvolve continuada e progressivamente, sua inteligência. Em suas próprias palavras: “[...] o conhecimento não procede, em suas origens, nem de um sujeito consciente de si mesmo, nem de objetos já constituídos (do ponto de vista do sujeito) que a ele se imporiam. O conhecimento resultaria de interações que se produzem a meio caminho entre os dois [...]” (PIAGET, 1972, p.27). Almeida (1999), por sua vez, elucida o fato da impossibilidade em se transmitir um conhecimento, reiterando que para Piaget ele é “construído progressivamente por ações e coordenações de ações, que são interiorizadas e se transformam” (p.31).

Desta forma, Piaget (1972) utiliza, como pressupostos para a construção do conhecimento, mecanismos de assimilação e acomodação. A assimilação está ligada a ação do sujeito sobre um objeto, num processo no qual ele incorpora novas experiências ou informações às já existentes. Já a acomodação é um movimento em que um sujeito modifica suas estratégias de ação, suas ideias e seus conceitos, em função de novas informações/experiências, gerando, portanto, novas estruturas cognitivas. O movimento equilibrante entre a assimilação e a acomodação é de natureza constante e é caracterizado como adaptação, constituindo-se como um dinamismo fundamental ao desenvolvimento cognitivo.

O sujeito inserido num certo contexto histórico, político, social, realiza reflexões sobre a sua ação, ou seja, o sujeito apropria-se de sua ação, analisa-a, retira elementos de seu interesse e a reconstrói em outro patamar. A ação material do sujeito e suas possíveis evocações propiciam abstrações empíricas, enquanto que as abstrações reflexivas, resultam das coordenações das ações do sujeito. (ALMEIDA, 1999, p.32).

Percebe-se, portanto, uma correspondência entre a teoria da aprendizagem de Jean Piaget e o pensamento de Papert, no que se refere ao ambiente educacional informatizado, pelo qual, durante a atividade de programação de computadores – base de ação construcionista – acontece o processo de reflexão e de depuração, como

visto anteriormente. Nesse sentido, uma reflexão propiciaria a assimilação de conceitos ligados à resolução de problemas usando uma linguagem de programação. Já a depuração, forneceria a acomodação do conhecimento, por meio da revisão de estratégias de solução de problemas, como seriam reelaboradas em níveis de compreensão superiores.

Ressalta-se, que num processo onde o sujeito é ativo na construção de seu conhecimento – como na programação de computadores -, deseja-se que este, ao agir, o faça de forma consciente. Isto é, esse sujeito não deve ser apenas um executor de tarefas, ao contrário, deve compreender aquilo a que se propõe a realizar. Mais uma vez, tem-se em Piaget o respaldo para essa afirmação.

[...] fazer é compreender em ação uma dada situação em grau suficiente para atingir os fins propostos, e compreender é conseguir dominar, em pensamento, as mesmas situações até poder resolver os problemas por elas levantadas, em relação ao porquê e ao como das ligações constatadas e, por outro lado, utilizadas na ação (PIAGET, 1978, p. 176).

Desta forma, atingir a solução em uma atividade realizada não significa que o estudante tenha conseguido entender aquilo que realizou. Esta constatação tem implicações diretas na aprendizagem, a qual deve visar, preponderantemente, a compreensão. Valente (1999a) afirma que Piaget constatou que a compreensão está intrinsecamente ligada à qualidade da interação entre o sujeito e o objeto. Assim, se um estudante possui a condição de desenvolver um programa de computador, refletir sobre os resultados e encontrar propostas de melhorá-lo, ele terá a chance de alcançar a compreensão. “Não será o fazer, o chegar a uma resposta, mas a interação com o que está sendo feito, de modo a permitir as transformações dos esquemas mentais” (VALENTE, 1999a, p.39).

Almeida (1999) ao refletir sobre as ideias de Castorina (1996) a respeito do “fazer e do compreender” segundo Piaget, destaca que esses estão ligados a problemas hauridos no meio social e enfatiza tal aspecto. Assim, esse autor propõe que, apesar da presença das condições sociais na teoria piagetiana, esta não as enfatiza, e propõem que “a internalização cultural estudada por Vygotsky, bem como seu constructo da ‘zona de desenvolvimento proximal (ZDP)’, podem ser articulados com estudos piagetianos, integrando aspectos cognitivos e sócio-históricos” (ALMEIDA, op. cit., p.34).

Vygotsky (1984) encara o homem como um sujeito integrado com seu meio social. A partir daí, concebe a base do desenvolvimento do indivíduo como resultado

de um processo social e histórico, onde a linguagem desempenha um papel fundamental. Essa última, segundo o teórico, funciona como um instrumento de mediação viabilizador do convívio/contato social e, conseqüente, do desenvolvimento do sujeito. Nesse sentido, Porto Alegre (2005) afirma que para Vygotsky os processos psicológicos superiores deveriam ser vistos como produto de uma atividade mediada e indica Oliveira (1997) para uma melhor compreensão dessa afirmativa: “mediação, em termos genéricos, é processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação; a relação deixa então de ser direta e passa a ser mediada por esse elemento” (OLIVEIRA, op.cit., p. 26). Dessa forma,

Para compreender o indivíduo, é necessário compreender as relações sociais que se estabelecem no ambiente em que ele vive. Isto significa compreender as relações entre atividade prática e trabalho, no sentido de que a atividade prática é transformadora e institucionalizada, envolve dialética ente o trabalho manual e os processos comunicativos. Atividade prática não se restringe à ação sobre os objetos, mas, sobretudo, ao posicionamento do homem em relação ao mundo historicamente organizado (ALMEIDA, 1999, p.35).

Assim, as atividades práticas constituem-se como oportunidades para a interação entre os sujeitos em seus meios sociais. Percebe-se, portanto, que além de ativo o sujeito passa a ser interativo no que tange seu desenvolvimento, que é consolidado por intermédio de relações com os outros, viabilizadas – essencialmente – pela linguagem.

Outra importante contribuição de Vygotsky está ligada à aprendizagem. O teórico relacionou a aprendizagem ao desenvolvimento, instituindo o conceito de “Zona de Desenvolvimento Proximal” (ZDP), a qual seria a "distância entre o Nível de Desenvolvimento Real (NDR), que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o Nível de Desenvolvimento Potencial (NDP), determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes" (VYGOTSKY, 1984, p.97). Em outras palavras, seria a diferença entre o desempenho independente e o desempenho assistido.

A identificação da ZDP de um aluno representa, para um professor, a oportunidade do acesso à maturação da aprendizagem de seu aluno. Assim, a ZDP caracteriza-se como a propícia para a mediação, que, ao ocorrer fora de seus limites, incorreria em duas situações de ineficácia: ou o educando já dominaria o que lhe é proposto, ou ele não seria capaz de se apropriar daquilo que lhe é apresentado.

Almeida (1999) indica que Papert retoma de Vygotsky a importância dos signos, essencialmente, a linguagem. Sem ela, as interações estabelecidas entre aluno-aluno, aluno-professor, aluno-computador não se processariam, o que inviabilizaria a construção do conhecimento. Mais uma vez, a figura do professor tem a oportunidade de contribuir para a promoção de uma aprendizagem significativa para seus alunos. Em suas intervenções dentro do processo DERD, o profissional da educação deve se esforçar para atuar dentro da ZDP dos alunos e, fundamentalmente, não se furtar aos debates, à pesquisa em conjunto e ao fomento do trabalho cooperativo.

Ao focar-se no meio social no qual um sujeito está inserido, admite-se que ele possa oferecer subsídios para o desenvolvimento intelectual e também representar uma fonte de problemas contextuais que demandam soluções. Valente (1993b) aponta, neste fato, uma ligação com o pensamento do educador brasileiro Paulo Freire: “o aluno pode aprender com a comunidade, bem como auxiliar a comunidade a identificar problemas, resolvê-los e apresentar a solução” (VALENTE, 1993b, p. 45).

Para Papert (1991), o Construcionismo caracteriza-se por dois processos interligados: um Interno ativo e outro Externo. No Interno, os alunos constroem conhecimentos a partir de suas experiências com o mundo; enquanto que o Externo, parte do princípio de que os alunos aprendem melhor fazendo artefatos que podem ser compartilhados com os outros. Desta forma, a construção de protótipos robotizados, agregados às experiências que os estudantes trazem da formatação de utilização de motores e engrenagens, sejam de sucata ou não, e ainda, as interligadas a gentes tecnológicos, como jogos e aplicativos, são condizentes a estes processos.

Apesar de Papert ter a tecnologia como papel importante para o futuro da educação, seu foco estava ligado ao lócus da produção intelectual, ou seja, o que a mente seria capaz de produzir.

Embora a tecnologia terá um papel essencial na realização da minha visão do futuro da educação, meu foco central não está na máquina, mas na mente e, particularmente, sobre a forma em que movimentos intelectuais e culturas definem-se e crescem. (PAPERT, 1993, p.9, tradução nossa).

O que o motivou a realizar pesquisas por modelos de construção intelectual, principalmente nas teorias sobre cognitivismo e epistemologia genética de Piaget. Entretanto, Papert alertou que suas interpretações da teoria de Piaget eram pouco ortodoxas, o que o levou a adotar um modelo no qual as crianças são tidas como construtoras de suas próprias estruturas intelectuais (PAPERT, 1993, p.7). Tal interpretação é compartilhada por outros pesquisadores que deram continuidade aos

trabalhos de Papert, como sua aluna Yasmin Kafai: “As crianças não adquirem ideias, elas criam ideias” (KAFAI; RESNICK, 1996, tradução nossa).

Ao considerar as “crianças como construtoras”, Papert sugeriu que, tal como outros construtores, as crianças precisam de “materiais” para realizar suas construções e apontou que sua maior diferença em relação à Piaget era o fato de considerar a cultura ao redor das crianças como fonte destes “materiais” (PAPERT, 1993, p.7). Neste sentido, os computadores eram vistos por Papert, como veículos para conduzir sementes culturais cujos produtos intelectuais não necessitariam mais de suporte tecnológico assim que tivessem feito “raízes” nas mentes em construção. Outro aspecto importante da teoria construcionista de Papert é o valor dado ao envolvimento, ao sentimento e ao engajamento dos aprendizes. Vejamos a definição de Construcionismo apresentada por Kafai e Resnick:

Construcionismo é ao mesmo tempo uma teoria de aprendizagem e de uma estratégia para a educação. Baseia-se nas teorias "construtivistas" de Jean Piaget, afirmando que o conhecimento não é simplesmente transmitido do professor para o aluno, mas ativamente construído pela mente do aluno. [...] Além disso, o Construcionismo sugere que os alunos são particularmente propensos a criar novas ideias quando estão empenhados ativamente em fazer algum tipo de artefato externo, seja ele um robô, um poema, um castelo de areia, ou um programa de computador que podem refletir em cima e compartilhar com os outros. Assim, o Construcionismo envolve dois tipos entrelaçados de construção: a construção do conhecimento no contexto da construção de artefatos pessoalmente significativos. (KAFAI; RESNICK, 1996).

Um ponto importante do Construcionismo é que ele vai além do aspecto cognitivo, incluindo também fatores socioculturais e afetivos da educação como: liberdade de expressão, incentivo à troca de ideias e à criatividade (PAPERT, 1990). Assim, ele abre espaço para o estudo das questões de tecnologia, gênero, cultura, personalidade, motivação, etc., que normalmente não são tratadas em abordagens educacionais mais tradicionais.

Segundo Valente (2003), Papert cita duas ideias principais sobre a construção do conhecimento que fazem com que o Construcionismo se diferencie do Construtivismo de Piaget: primeiro o fato de que o aprendiz é quem constrói alguma coisa, ou seja, o aprendizado acontece através do fazer, do “colocar a mão na massa”. A segunda, é o fato de que o aprendiz constrói algo do seu interesse e para o qual está motivado. “O envolvimento afetivo torna a aprendizagem mais significativa” (VALENTE, 2003, p.7). Desta forma, o uso de conceitos geométricos poderá tornar-se mais atrativo se o estudante estiver motivado a utilizá-los na construção de um produto de seu interesse, como exemplo, a construção e programação de protótipos robotizados.

Valente (2003), afirma, ainda, que a diferença fundamental entre as duas maneiras de construir o conhecimento está no artefato utilizado para que isso aconteça – o computador. Quando o aluno interage com o computador, requer certas ações que são bastante efetivas no processo de construção do conhecimento, pois manipula conceitos e isso contribui para o seu desenvolvimento mental.

[...] Assim, o Construcionismo, minha reconstrução pessoal do Construtivismo, apresenta como principal característica o fato que examina mais de perto do que os outros –ismos educacionais a ideia da construção mental. Ele atribui especial importância ao papel das construções no mundo como um apoio para o que ocorreu na cabeça, tornando-se, desse modo, menos uma doutrina puramente mentalista. Também leva mais a sério a ideia de construir na cabeça reconhecendo mais de um tipo de construção (algumas delas tão afastadas de construções simples como cultivar um jardim) e formulando perguntas a respeito dos métodos e materiais usados (PAPERT, 1994, p.127-128).

Segundo Papert “a atitude Construcionista tem como meta ensinar de forma a produzir a maior aprendizagem a partir do mínimo de ensino.” (PAPERT, 1993 pg. 135). O Construcionismo defende a ideia de que as crianças aprendem de forma mais eficaz quando, por si mesmas, atingem o conhecimento específico de que precisam através da construção de algo palpável e de seu interesse.

O resultado prático mais conhecido do Construcionismo é o Logo Gráfico, citado anteriormente, usado por milhões de pessoas em diversos países. Popularizado na década de 80 com o advento dos microcomputadores, sendo produto do Construcionismo, é um exemplo concreto de como as ideias de Papert podem ser aplicadas no ensino, principalmente de matemática, e de como o computador pode auxiliar o desenvolvimento da aprendizagem.

É importante ressaltar que, apesar da tecnologia ter sua importância como foco central do Construcionismo, para obter-se um ambiente educacional efetivo, o mesmo exige muito mais do que um aprendiz e um computador carregado com um aplicativo. É preciso todo um ambiente acolhedor que motive o aprendiz a continuar aprendendo, um ambiente que seja rico em materiais de referência, que incentive a discussão e a descoberta e que respeite as características específicas de cada um.

A seguir, destacam-se alguns princípios referentes a aprendizagem construcionista:

- **O conhecimento é construído de forma Ativa:**

A construção do conhecimento pelo aprendiz é o ponto fundamental desta teoria, saindo da ideia unidirecional, de professor (transmissor-ativo) para aluno (receptor-passivo), para um aprendizado construído a partir de várias teorias transitórias criadas pelo aluno através de um processo de tentativas e erros, isto é, o indivíduo parte dos aspectos já conhecidos do problema e segue construindo suas próprias teorias. As teorias que não forem adequadas vão sendo descartadas ou alteradas até se tornarem cada vez mais estáveis.

No processo de aprendizagem os erros são tão importantes quanto os acertos, enquanto os acertos representam situações de relativa adequação do conhecimento do indivíduo com relação às coisas do mundo, são os “erros” que questionam esta estabilidade e agem como a força motriz do processo de aprendizagem. Por exemplo, uma criança tentando programar os movimentos de um robô, com a ferramenta Scratch for Arduino, raramente conseguirá na primeira vez. A mensagem de “erro” que aparecerá na tela ou as falhas durante o funcionamento é que servirá de base, junto com as conexões do Arduino, para que ela reflita sobre o que foi realizado, passo-a-passo da programação/construção e assim possa corrigir. Papert (1980/1985, p.39) afirma que “quando se aprende a programar um computador, dificilmente se acerta na primeira tentativa”. Do ponto de vista Construcionista, isso não representa algo condenável, muito pelo contrário, o erro é tido como oportunidade ideal para a construção do conhecimento. Almeida (1999, p.23) destaca que “o erro passa a ser, então, um revisor de ideias e não mais um objeto de punição, intimidação e frustração”. Da mesma forma, Valente (1999, p.75) diz que “o processo de achar e corrigir um erro, constitui uma oportunidade única para o aprendiz aprender sobre um determinado conceito envolvido na solução do problema ou sobre estratégias de resolução de problemas”.

- **A articulação dos processos do pensamento, manipulação das estratégias, permite aprimorá-los.**

Papert buscou através do computador articular formas mais concreta sobre as questões abstratas do pensamento e do funcionamento da mente, que determinou o seu papel como central dentro do Construcionismo.

A partir de então, Papert passou a:

visualizar as ideias da ciência da computação não apenas como instrumentos que pudessem explicar como o aprendizado e o pensamento de fato funcionam, mas também como instrumentos de mudança que poderiam alterar e possivelmente melhorar, a forma com que as pessoas aprendem e pensam. (PAPERT, 1993a, p.208).

Desta forma o Construcionismo possibilita visualizar e manipular as estratégias e tentativas percorridas na resolução de uma determinada tarefa, à medida que permite a identificação do que ainda não foi feito, possíveis deficiências, etc. e, com isso, se obtenha uma solução melhorada. Motivos pelos quais o Construcionismo encontra grande força dentro da programação, conforme enfatiza Valente (1995), quando descreve um programa como um registro preciso da organização e da seleção dos comandos que o aprendiz usou na resolução de um problema (por exemplo a programação de um movimento no Scratch), podendo ser tratado como uma representação objetiva dos procedimentos adotados, o que facilita o aprimoramento dos mesmos.

- **O aprendizado de um conceito e a possibilidade de combiná-los facilita a aprendizagem de outros conceitos.**

Para compreender o aprendizado, Piaget acreditava que inicialmente deveria se compreender as chamadas “estruturas-mãe” do conhecimento a ser aprendido. O aprendizado seria resultado da aquisição e a manipulação destas estruturas fundamentais. Papert (1993a, p.60) aponta os estudos de Piaget sobre tais estruturas, mostrando que:

- As estruturas-mãe são conceitos que fazem sentido para a criança e que, em princípio, podem ser aprendidos e compreendidos isoladamente das outras estruturas.
- Podem ser agrupadas entre si, possibilitando a formação de novos conceitos que também podem ser compreendidos pela criança.
- Se suportam mutuamente, isso é, ainda que independentes, o aprendizado de uma facilita o aprendizado das outras.

O entendimento a respeito das estruturas-mãe leva a entender o que Papert chamou de “princípio da continuidade” (*continuity principle*), afirmando que os novos conceitos devem dar continuidade ao conhecimento prévio que o indivíduo já tem, possibilitando um senso de segurança e valor, bem como o de competência cognitiva,

à medida que constitui uma base sólida que incentiva o aprendiz a se arriscar por novos domínios (PAPERT, 1993a, p.54).

Como visto anteriormente, o Scratch for Arduino foi criado tendo como referência a linguagem LOGO, seguindo uma programação visual baseada em blocos, e, como tal, desenvolve o raciocínio lógico e crítico dentro de uma série de conceitos básicos que podem ser analisados como estruturas-mãe da geometria espacial, no que se refere às noções de posição no espaço, ângulo, deslocamento relativo, etc., todos eles representados na tela de uma forma compreensível pelo aprendiz.

A linguagem de programação Scratch for Arduino permite combinar os comandos básicos de um pequeno jogo/movimentos direcionais a estruturas mais complexas como a programação dos movimentos físicos de um robô direcional, bem como sua construção. À medida que possibilita, através de um mecanismo de descrição-execução-reflexão-depuração-descrição, a compreensão de conceitos mais avançados como o de polígonos, áreas, poliedros, volumes, somatória de ângulos, circunferências, etc. O entendimento de um conceito básico ajuda na compreensão de outro, como perceber que uma reta é uma combinação de vários pontos alinhados ou que uma curva pode ser vista como uma sequência de pequenos deslocamentos não alinhados.

O próprio aprendizado da informática é visto por Papert como um tipo de conhecimento que suporta o aprendizado de outros conhecimentos (PAPERT, 1986, p.2; HAREL e PAPERT, 1991, p.75). Como exemplo tem-se a utilização das ferramentas de simulação, onde, apesar de serem virtuais, podem auxiliar a compreender melhor o fenômeno sendo estudado, bem como as restrições por trás do modelo.

Para o Construcionismo, o aprendizado de informática, dependendo de como for feito, ao invés de exigir tempo extra no horário escolar, poderia ser integrado às demais matérias, resultando em um melhor aproveitamento global.

- **O aprendizado é influenciado pelo ambiente.**

A teoria construcionista, diferente da abordagem de Piaget, dá relevância especial à influência dos aspectos culturais e sociais no desenvolvimento cognitivo. Enquanto Piaget se preocupava com o estudo das estruturas cognitivas que se desenvolvem em todos os seres humanos, independente da cultura, Papert se

preocupou com aquelas que poderiam se desenvolver em situações socioculturais específicas e que, portanto, acabavam diferenciando umas pessoas das outras (ACKERMANN, 1990).

Para Papert, o conhecimento não pode ser construído do nada. É o meio sociocultural que fornece o material a ser usado, influenciando os tipos de construções e a forma com que elas são construídas. Sugerindo, inclusive, que até mesmo a sequência dos estágios do desenvolvimento cognitivo proposta pela teoria piagetiana poderia ser mais ou menos acelerada, dependendo da cultura e dos materiais presentes no ambiente.

Mais especificamente, Papert acha que a cultura contemporânea oferece relativamente pouca oportunidade para que se possa pensar e falar sobre as hipóteses levantadas e procedimentos adotados na resolução de problemas e que este é o principal fator por detrás do desenvolvimento tardio deste tipo de raciocínio (que, por Piaget, era conhecido como "pensamento formal") nas crianças. Neste caso, o computador e, em especial, a programação, pelas razões discutidas anteriormente, poderiam levar a uma relação mais concreta com o pensamento, possibilitando uma alteração nesta situação (PAPERT, 1993a, p.174).

7.3 – O Brinquedo na Aprendizagem.

O uso de brinquedos com fins pedagógicos remete-se à sua relevância quanto ao ensino-aprendizagem no desenvolvimento da educação infantil, ao considerar que “a criança pré-escolar aprende de modo intuitivo, adquire noções espontâneas, em processos interativos, envolvendo o ser humano inteiro com suas cognições, afetividade, corpo e interações sociais” (KISHIMOTO, 2011, p.40).

Mantendo-se a intencionalidade da criança em brincar, o educador atuará como um potencializador das situações de aprendizagem condizentes com o brinquedo manuseado. Ao assumir a função lúdica educativa, o brinquedo, na visão de Kishimoto (2011), assume algumas considerações: o de função lúdica, quando o brinquedo propicia diversão, prazer ou desprazer, escolhido voluntariamente, e o de função educativa, quando o brinquedo ensina qualquer coisa que complete o indivíduo em seu saber, seus conhecimentos e sua apreensão do mundo.

O uso metafórico da forma lúdica (objeto suporte de brincadeira) para estimular a construção do conhecimento fez com que o brinquedo educativo assumisse um espaço definitivo na educação infantil.

Acredita-se que quando o aprendiz constrói um artefato para o qual deseje interagir/ brincar, a exemplo, um protótipo robotizado, o mesmo poderá estabelecer relações com o artefato construído e as funções que poderá desempenhar, criando um ser com quem possa brincar. As brincadeiras de construção são de grande importância à medida que favorecem a experiência sensorial, estimula a criatividade e desenvolve habilidades nas crianças (KISHIMOTO, 2011). Fröbel, o criador das brincadeiras envolvendo construção, oportunizou a muitos fabricantes seus tijolinhos que estimulavam a imaginação infantil, bem como, com a possibilidade de construir, transformar e destruir. A criança pode expressar seu imaginário e seus problemas, permitindo aos “terapeutas o diagnóstico de dificuldades de adaptação, bem como a educadores o estímulo da imaginação infantil e o desenvolvimento afetivo e intelectual” (KISHIMOTO, 2011, p.45). Assim, a criança quando está construindo, além de manipular objetos, expressa suas representações mentais.

Para se compreender as relevâncias das construções é necessário considerar tanto a fala quanto a ação da criança que revelam complicadas relações. É importante, também, considerar as ideias presentes em tais representações, como elas adquirem tais temas e como o mundo real contribui para a sua construção. (KISHIMOTO, 2011, p.45).

Para Vygotsky, as brincadeiras não são atividades inatas das crianças, mas sim ações sociais e culturais aprendidas nas relações interpessoais. Vygotsky (2004) pontua que o novo, representado pela presença de uma situação imaginária durante a “brincadeira”, expressa uma mudança qualitativa no desenvolvimento intelectual da criança, em todas as idades. Ele argumenta que na primeira infância a criança não consegue separar a percepção do mundo que a envolve com as reações motoras, “os objetos ditam a criança o que ela tem que fazer” (VYGOTSKY, 1998, p. 126). Ou seja, nessa idade, a percepção serve como estímulo para a ação.

referindo-se ao brinquedo, a relação entre percepção e reação motora é modificada, fazendo com que a criança passe a agir numa esfera *cognitiva*, independente do que esteja vendo ao seu redor. Essa não é uma mudança nem imediata e nem insignificante. Para Vygotsky “[...] isso representa uma tamanha inversão da relação da criança com a situação concreta real e imediata, que é difícil subestimar pelo seu significado.” (VYGOTSKY, 1984, p. 127). Esse processo não se

dá de forma automática, de uma só vez. Há uma transição expressa por objetos que representam uma separação entre o pensamento e o mundo real.

[...] As brincadeiras implicam em tomadas de decisão e dependem, basicamente, de um acordo de regras entre os participantes. São marcadamente espaços de criação, experimentação, inovação, nos quais, a cada momento, as crianças descobrem suas competências e possibilidades (VYGOTSKY, 1984, pg. 114).

Nas brincadeiras, as ações da criança são controladas pelas ideias, pela representação, e não pelos objetos. Vygotsky considera que a brincadeira fornece um estágio de transição em direção à representação, chamada por ele de mundo real, a qual pode ser denominada brincadeira simbólica (que envolve não apenas as falas de quem está brincando como também seus movimentos e gestos) (VYGOTSKY, 2004).

Nesta perspectiva, o brinquedo é um elemento de mediação entre aquele que brinca e o mundo ao seu redor. Sendo esta mediação, um dos principais conceitos da teoria de Vygotsky. Segundo esse conceito, o indivíduo se relaciona com o mundo e com os outros indivíduos por meio de instrumentos e signos, os quais serão os responsáveis por determinar o desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

O instrumento atuará, externamente, na mediação para o processo de significação do objeto da atividade. Como exemplo, o “ambiente de programação Scratch for arduino”, é um instrumento de mediação para o processo de significação do objeto a ser construído, um protótipo robotizado. O ambiente permite a programação dos movimentos geométricos a partir de atores virtuais, os quais poderão ser conectados a artefatos reais da natureza, protótipos, por meio de placas microcontroladoras e sensores, obedecendo a comandos expressos em uma linguagem peculiar.

[...] A função do instrumento é servir como um condutor da influência humana sobre o objeto da atividade, ele é orientado externamente, deve necessariamente levar a mudanças nos objetos. Constitui um meio pelo qual a atividade humana externa é dirigida para o controle e o domínio da natureza (VYGOTSKY, 1998, p. 72-73).

O signo, segundo Vygotsky (1998, p. 73) se constituem das atividades internas dirigidas para o controle do próprio sujeito, denominadas atividades psicológicas, ou seja, constituem-se de ferramentas auxiliadoras dos processos psicológicos dos indivíduos, responsáveis pela tomada de decisão a partir do significado que se tem de um dado objeto. A exemplo, os significados que se tem de robótica, protótipos, formas geométricas, medidas, programação, etc.

8 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

8.1 Design Experiments / DBR – Design-Based Research.

Segundo Peterson & Herrington (2005), O termo *Design Experiments* ou *Design Research* surgiu nos anos 90, com seus precursores Ann Brown (1992) e Alan Collins (1992), como uma linha de pesquisa baseada em design, pela qual desenvolveu-se uma metodologia intervencionista que busca aliar aspectos teóricos da pesquisa com a prática. A partir deles, outros autores passaram a usar termos assemelhados para definir seus próprios tipos de pesquisas, Wang e Hannafin (2005) citam algumas denominações, o ano de surgimento e autor(es): Design experiments (Brown, 1992; Collins, 1992); Development research (Van Den Akker, 1999); Formative research (Reigeluth & Frick, 1999; Walker, 1992) Design research (Cobb, 2001; Collins, Joseph & Bielaczyc, 2004; Edelson, 2002); Developmental research (Richey, Klein & Nelson, 2003; Richey & Nelson, 1996); Design-based research (Design-Based Research Collective, 2003), sendo este último o responsável pelo documento manifesto onde se introduziu a terminologia que passou a identificar a linha de pesquisa como Design-Based Research (DBR).

DBR-Collective (2003) define a DBR como uma pesquisa que combina empiricamente a pesquisa educacional teórica com ambientes de aprendizagem inovadores, sendo uma metodologia de grande relevância para a compreensão de como, quando e por que inovações educacionais funcionam (ou não) na prática. A metodologia DBR funciona como um gerenciador de controle do processo de produção e implementação de uma inovação educacional em contextos escolares reais. Desta forma, a DBR pode ser considerada uma metodologia que organiza de maneira coerente o processo de levar à sala de aula uma inovação curricular e/ou pedagógica.

Portanto, a pesquisa baseada em *design* gerencia o processo como um todo, desde a ideia da inovação/criação até sua efetiva implementação em um ambiente real. Além disso, a DBR permite a análise do processo inteiro e não apenas do produto final, uma vez que os resultados tirados dessa análise deverão ser incorporados na própria metodologia visando seu aprimoramento, sendo esta, a sua principal característica, haja vista, que cada aprimoramento funciona a partir de ciclos de redesign, isto é, o que é aprendido de um primeiro design deve ser utilizado nos

próximos designs. Collins, Joseph e Bielaczyc (2004) comparam a pesquisa DBR com o processo em indústrias de carro. Segundo eles,

[...] experimentos de design foram desenvolvidos como uma forma de realizar uma pesquisa formativa para testar e aperfeiçoar projetos educacionais com base em princípios teóricos derivados de prévia pesquisa. Esta abordagem de refinamento progressivo em 'design' envolve a colocação de uma primeira versão de um projeto para o mundo ver como ele funciona. Em seguida, o projeto é constantemente revisado baseado na experiência, até que todos os erros sejam trabalhados. O refinamento progressivo na indústria de carros foi lançado pelos japoneses, que ao contrário dos fabricantes americanos de automóveis, atualizam seus projetos com frequência, ao invés de esperar anos por um modelo de transição para aperfeiçoar projetos passados. A abordagem é também a base do estudo das aulas japonesas, onde grupos de professores se reúnem para aperfeiçoar suas práticas de ensino. (COLLINS, JOSEPH & BIELACZYC, 2004, p.18, tradução nossa).

Desta forma, a DBR atua como uma metodologia de pesquisa em educação que se predispõe a:

- Resolver problemas complexos em contextos reais, em colaboração com os professores.
- Realizar investigação rigorosa e reflexiva para testar e aperfeiçoar ambientes de aprendizagem inovadores.

Experimentos utilizando essa metodologia foram desenvolvidos com o objetivo de realizar avaliação formativa para testar e refinar projetos educacionais baseados em princípios derivados de pesquisas anteriores. O professor (pesquisador) tem a oportunidade de investigar o raciocínio matemático dos alunos em experimentações que podem influenciar, tanto no significado dado ao conhecimento matemático como em sua construção (STEFFE & THOMPSON, 2000, apud ACCIOLLI, 2005). Suas ações devem acontecer num contexto de interação com os estudantes durante a aplicação do experimento, agindo e questionando a partir de situações inesperadas.

Estas interações são classificadas como:

- **Interação Receptiva:** O professor – pesquisador não tem plena consciência de como agir. A interação ocorre sem distinção de conhecimentos.
- **Interação Analítica:** O professor-pesquisador identifica nos estudantes raciocínios ricos e repletos de implicações para futuras intervenções. É apresentado ao aluno um caminho por onde deve seguir.

Deste modo, o objetivo principal do professor pesquisador neste tipo de metodologia é estabelecer modelos vivos da matemática dos estudantes, ou seja, criar meios de interação que possam encorajar os estudantes a modificar seus pensamentos atuais. Para isso, os alunos devem ser entendidos como seres humanos capazes de oferecer contribuições independentes (KARRER, 2006).

Cobb et al. (2003, p.9-10) identificaram cinco características transversais que caracterizavam a metodologia Design Experiments:

- Desenvolver uma classe de teorias a respeito, tanto do processo de aprendizagem quanto dos significados que são desenhados para dar suporte a aprendizagem.
- Metodologia altamente intervencionista que sempre procura a inovação.
- Envolve os aspectos prospectivos: O design é implementado como um processo de aprendizagem baseado em hipóteses. E reflexivos: As conjecturas são realizadas com vários níveis de análise (submetidas a testes).
- O design é conduzido de forma cíclica, focando-se nos ciclos de revisão e intervenção necessários para o desenvolvimento da pesquisa.
- Os modelos teóricos que emergem durante as tentativas de interpretar as atividades dos aprendizes-participantes são modestos quanto a um domínio específico do processo de aprendizagem.

Visando à minimização de obstáculos, a DBR permite um progressivo aprimoramento da investigação, pois se aplica uma primeira versão de um projeto para posterior análise, resultando numa revisão baseada nas experiências colhidas e avaliadas.

Dois princípios norteiam a DBR, de acordo com Doerr e Wood (2006). Um deles é o desenvolvimento de um processo ou de um produto aprimorado. Por exemplo, verificar os pontos críticos, durante a construção, manipulação e programação de um protótipo robô direcional, para o ensino e aprendizagem de Prismas Retos, com análises da construção de seus elementos (arestas, faces e vértices) e quanto ao uso do software educacional S4A com os componentes Arduinos.

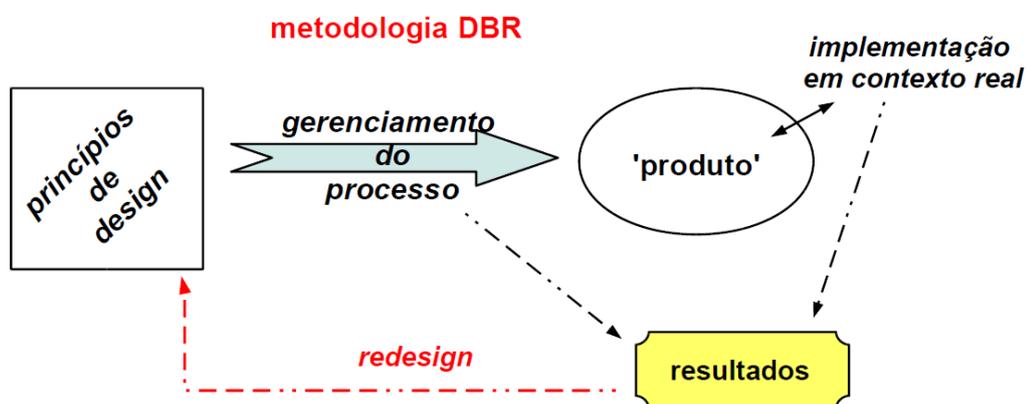
O outro princípio destacado por Doerr e Wood (2006) refere-se aos vários ciclos de análise necessários, com a finalidade de aprimorar o produto. Isso implica que a coleta e a interpretação dos dados não ocorram ao término da atividade

(experimento). No caso deste trabalho, o produto educacional final é um protótipo robô direcional construído a partir do conceito de Prismas Retos.

Ressalta-se que, pelo caráter intervencionista que a metodologia DBR tem, a mesma promove uma ligação entre as dimensões teórica e prática, buscando fazer contribuições entre as duas. Van Den Akker (1999) enfatiza que a inter-relação entre a teoria e a prática é muito complexa e dinâmica e que a aplicação direta da teoria muitas vezes não é suficiente para resolver alguns tipos de problemas relacionados à prática. Afirma ainda que "sem o envolvimento cooperativo de pesquisadores e profissionais não é possível ganhar uma clareza sobre os problemas advindos da implementação e gerar medidas efetivas para reduzi-los" (VAN DEN AKKER, 1999, p.9, tradução nossa).

Na figura 53, representa-se, de forma simplificada, a ideia da metodologia DBR. O processo de implementação de uma inovação nasce de um desejo de aplicar algum princípio teórico (tomados como princípios de design na metodologia) a um ambiente real, que poderia, por exemplo, ser a sala de aula. O gerenciamento do processo inteiro é feito pela metodologia DBR, incluindo a implementação do produto desenvolvido no processo de design.

Figura 53 – Ideia da Metodologia DBR.



Fonte: Extraído de Kneubil e Pietrocola (2017, p. 3).

Os *princípios de design* estão associados a uma dimensão teórica do conhecimento e podem ter diferentes status. Para uma intervenção educacional, por exemplo, pode-se tomar como princípio aspectos de uma teoria de aprendizagem cognitivista ou ainda premissas epistemológicas sobre o conteúdo a ser aprendido e desenvolver um material ou um currículo para ser aplicado num ambiente escolar para reforçar, testar ou tirar algum resultado desses princípios. No caso da Robótica

Educacional, pode-se tomar algum aspecto teórico da construção de um robô para desenvolver, por exemplo, em matemática, conteúdos didáticos ao ensino da geometria espacial em situações com objetos concretos. Para qualquer área do conhecimento, a metodologia DBR fornece ferramentas para gerenciar o desenvolvimento/*design* de um *produto*, aplicável numa situação real. Assim, essa metodologia possui interfaces com ambas as dimensões: a teórica e a prática. Em resumo, os *princípios de design* norteiam o processo e fazem parte da dimensão teórica. Eles funcionam como *pilares* ou hipóteses fortes apoiadas em uma teoria qualquer. A metodologia DBR permite a utilização de elementos de várias teorias, as quais servirão para eleger os princípios de design que irão nortear toda produção, implementação e avaliação. Por outro lado, o processo de *design* deve também ser subsidiado por informações de natureza mais concreta e real, ou seja, de natureza prática, pois se espera que o produto final seja o mais adequado possível a uma dada realidade.

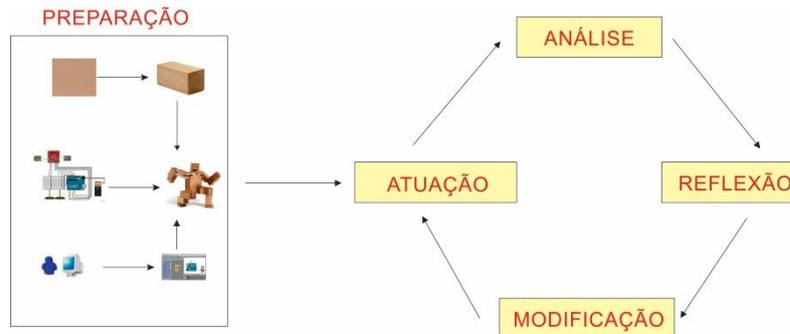
A pesquisa baseada em design pressupõe uma análise sobre o processo tanto quanto sobre o produto. Isto é, ao usar a DBR para se desenvolver um dado produto, aprende-se sobre o processo e produz-se, assim, conhecimento. A análise sobre o processo e sobre a implementação deve gerar conhecimentos que serão usados num *design* posterior. Esses resultados são incorporados na própria DBR e permitem reiniciar o ciclo através do *redesign*, o que torna a metodologia muito dinâmica. Collins, Joseph e Bielaczyc (2004) ressaltam que:

[...] a análise do processo leva ao refinamento no design, mas também alimenta um refinamento na teoria. A pesquisa em design deve sempre ter o objetivo duplo de aprimorar tanto a teoria² quanto a prática³. [...] Quando alguns aspectos do design não funcionam, a equipe de design, incluindo o professor, deve considerar diferentes opiniões para melhorar o design na prática e instituir mudanças no design tão frequentemente quanto necessário. (Collins, Joseph & Bielaczyc, 2004, p.19, tradução nossa).

Assim, a metodologia DBR oferece ferramentas para analisar um problema e gerenciar o desenvolvimento de intervenções. Ao final do processo, além dos produtos obtidos que podem ser materiais didáticos, estruturas curriculares, propostas de cursos, espera-se a construção de novos conhecimentos teóricos (VAN DEN AKKER, 1999; WANG & HANNAFIN, 2005; EDELSON, 2002; DBR-COLLECTIVE, 2003) e princípios que possam ser transferíveis para outros contextos onde se deseja promover uma intervenção.

CICLO DE REDESIGN

Figura 54 - Ciclo de Redesign.



Fonte: Baseado no Ciclo de redesign Signorelli (2007, p.51).

Pela análise do diagrama, figura 54, observa-se que no ciclo existem momentos de preparação do experimento seguidos de momentos de atuação. A atuação é, então, analisada por um processo reflexivo, pelo qual o pesquisador, minuciosamente, verifica se os objetivos foram alcançados e as possíveis falhas no processo, o que pode gerar modificações no experimento para uma nova atuação, um novo ciclo, redesign.

PREPARAÇÃO:

- 1- Conhecer o resultado antes dos primeiros passos: Os alunos deverão estar cientes de que o resultado de seus trabalhos será um Robô direcional.
- 2- Separação de materiais manipuláveis, pré-definidos, reutilizando papéis, jornais, caixas voltados a reciclagem, motores e peças de sucata/não.
- 3- Instalação e reconhecimento do ambiente de programação Scratch for Arduino – S4A.
- 4- Separação e conferência dos componentes do ambiente eletrônico: placa controladora - Arduino e periféricos necessários ao desenvolvimento do projeto.
- 5- Adequação do ambiente científico de produção de energia e notações matemáticas.

ANÁLISE:

Para a análise do projeto, faz-se necessário uma variedade de técnicas de avaliação, incluindo pré-testes e pós-testes, técnicas de levantamento e entrevista, bem como a pontuação sistemática de observações das salas de aula. Tanto as evoluções qualitativas quanto quantitativas são partes essenciais da metodologia de pesquisa em design.

De acordo com Collins et al. (2004), no Design Experiments, três tipos de variáveis dependentes devem ser avaliados:

Variáveis de Clima: Para avaliar variáveis climáticas, faz-se necessário o uso de técnicas observacionais, das quais, produzir notas de campo ao observar a intervenção na prática, coletar registro de vídeo de intervenção. Das observações, deverão ser considerados três tópicos principais: O engajamento dos alunos na aprendizagem em sala de aula (compromisso), o grau de cooperação entre eles e o grau de esforço que os mesmos estão fazendo para aprender o tema curricular.

Variáveis de Aprendizagem: A avaliação é feita por meio de entrevistas orais, pré-teste e pós-teste e perguntas de respostas curtas. Por exemplo, pré-testes e pós-testes podem ser usados para avaliar alguns tópicos de aprendizagem: conhecimento, conteúdo, habilidade, raciocínio e disposição. Para avaliar o aprendizado do conteúdo e do raciocínio, é possível usar perguntas de respostas curtas ou problemas envolvendo o tema.

Variáveis Sistêmicas: São avaliadas por meio de entrevistas estruturadas e pesquisas (questionários) e/ou por meio de relatos que mostrem as vantagens e dificuldades encontradas pelos professores ao realizar o experimento em sala de aula. Outros questionamentos podem ser avaliados por pesquisas administradas tanto para professores quanto para alunos, com perguntas sobre quais aspectos estão sendo sustentados ou mesmo dos custos para a adoção do mesmo.

Outras variáveis denominadas por Collins et al. (2004) como contextuais (independentes) podem influenciar o sucesso do experimento na prática. Algumas dessas variáveis são:

Ambiente: A inovação só é determinada se experimentada em ambientes distintos, podendo variar em casas, locais de trabalho, museus, escolas ou faculdades;

ensino fundamental, ensino médio, escolas públicas ou privadas, escolas urbanas, suburbanas ou rurais, faculdades de elite ou comunitárias, e assim por diante.

Natureza dos aprendizes: A análise sobre o público alvo incluem fatores como: sua idade, status socioeconômico, frequência, dentre outras. Ou seja, é importante determinar para que tipo de alunos o design é eficaz e de que maneira.

Recursos necessários e suporte para implementação: Para a realização de qualquer projeto, haverá necessidade de recursos e suportes de diversos tipos, incluindo - materiais, suporte técnico, apoio administrativo e apoio dos pais.

Desenvolvimento profissional: Alguns projetos, para que sejam bem sucedidos, devem prever o aperfeiçoamento dos professores (e talvez outros profissionais) com oficinas, reuniões de design, cursos, vídeos com exemplos práticos, reuniões reflexivas e assim por diante. Identificar o que os professores precisam para implementar o projeto com sucesso é um aspecto importante da concepção de uma inovação.

Requisitos financeiros: Qualquer intervenção adiciona custos que precisam ser rastreados, incluindo custos de equipamentos, custos de serviço, custos de suporte profissional e desenvolvimento, custos de substituição, dentre outros. Muitas vezes custos substanciais, como suporte técnico e custos de substituição são ignorados ao calcular o custo de uma inovação tecnológica.

Caminho de implementação: Este termo abrange as variáveis envolvidas na implementação de um projeto. Há uma estrutura para a introdução e a evocação de um projeto que precisa ser caracterizado na análise de qualquer implementação.

As variáveis contextuais e dependentes são inter-relacionadas, afirmam Collins et al. (2004). Assim, mudanças em uma variável têm efeitos em outras no momento da avaliação.

REFLEXÃO:

A partir da análise das variáveis será observado se o projeto alcançou os objetivos pretendidos. Caso os equívocos ou erros, detectados durante a execução, tenha afetado os resultados do projeto, o projeto será submetido a correção.

MODIFICAÇÃO:

Passo em que o projeto é realinhado a partir dos erros e equívocos detectados para um novo ciclo/redesign.

Steffe e Thompson (2000, p.275) apontam que a importância de um *design experiments* não é apenas para testar hipóteses, mas também para gerá-las, então, nas observações levou-se em consideração principalmente a interação dos alunos com o material e o software utilizado com o intuito de se verificar quais dificuldades, quanto ao estudo da geometria, poderiam ser elencados especificamente.

8.1.2 - Sequência de Atividades / TLS - Teaching-Learning Sequences.

A TLS (sequências de ensino-aprendizagem) trata-se de uma metodologia utilizada em pesquisas educacionais voltadas ao ensino de ciências e que encontra grande conexão metodológica e epistemológica com a DBR e, portanto, oportuniza o seu uso junto às atividades ligadas à robótica educacional.

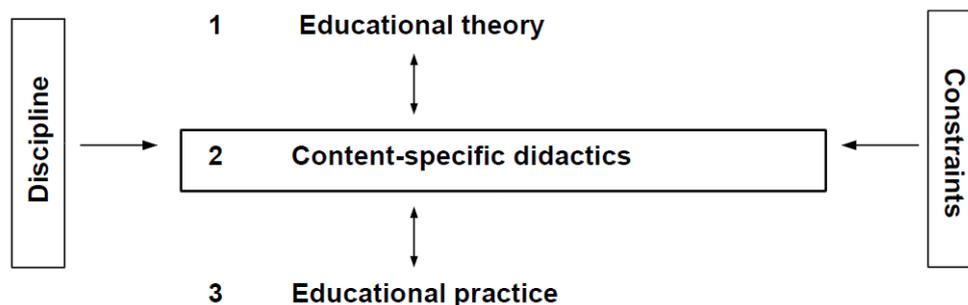
Desta forma as atividades serão orientadas por meio das sequências de ensino-aprendizagem (*Teaching-Learning Sequences* – TLS), as quais, a partir da DBR, serão planejadas, implementadas e avaliadas, haja vista a necessidade em se avaliar o experimento, de forma interdisciplinar, entre matemática e ciência (física), o qual se utilizará dos conteúdos curriculares (livros didáticos) com proposições aplicadas na prática.

O uso das TLS teve seu início com pesquisadores que argumentavam que teorias gerais de educação e aprendizagem não eram suficientes para resolver problemas ligados à prática e garantir o sucesso no processo de ensino (VAN DEN AKKEN, 1999; LIJINSE & KLAASSEN, 2004). Esses autores enfatizaram que tradicionalmente, na pesquisa em educação voltado a ciência, faltava o interesse em ampliar os resultados para além dos limites estritos das teorias gerais, deixando-se de lado o desenvolvimento de conhecimento didático de conteúdos específicos, esses que de fato seriam determinantes nas mudanças no ensino e na aprendizagem. Esse conhecimento poderia descrever e ajudar a entender o que ocorre em aulas de ciências, em termos de interações do professor, do aluno e de conteúdo específico. Seria, segundo estes autores, uma *teoria didática* que ajudaria a interpretar os fenômenos educacionais presentes em sala de aula.

Para Lijnse (2010), entre o nível teórico e a prática didática propriamente dita existe um nível intermediário deixado de lado pelos pesquisadores em ensino de ciências. Em geral, essa dimensão que envolve aspectos e situações reais de sala de aula é deixada para o professor. E, a pesquisa baseada em *design* viria a preencher

essa lacuna pela possibilidade de produção de conhecimento didático, relacionado a um conteúdo específico. A figura 55 ilustra essa ideia.

Figura 55 – Dimensão Didática do Conhecimento.



Fonte: Extraída de Lijnse (2010, p.145). Nível 1: teoria educacional, Nível2: conteúdo didático específico (disciplina e limitações) e Nível 3: prática educacional, tradução nossa.

O nível 2 da figura é o “gap” sugerido pelos autores a ser preenchido pela dimensão didática. Ele envolve estratégias e conhecimentos educacionais relacionados a conteúdos específicos de uma disciplina e, por isso, limitados a esse conteúdo.

A partir dessas ideias, vários pesquisadores europeus têm se dedicado a produzir sequências didáticas, argumentando que a produção de atividades direcionadas à sala de aula de um tema específico é um tipo de pesquisa de desenvolvimento, envolvendo uma inter-relação entre projeto, desenvolvimento e aplicação de sequências de ensino sobre um assunto, geralmente destinado às poucas semanas, num processo cíclico evolucionário ilustrado por ricos dados de pesquisa (LIJNSE, 1995).

No que se refere à matemática, Sá (2009) corrobora afirmando que as atividades experimentais implicam em mudanças na postura e estilo de trabalho do professor, pois devem permitir que o aluno, sob a sua orientação, descubra estruturas, padrões, princípios e semelhanças nos resultados de atividades matemáticas desenvolvidas em sala de aula, levando-o a perceber as estratégias matemáticas evidenciadas na produção desse conhecimento (SÁ, 2009).

Neste contexto, uma TLS é tanto uma atividade de pesquisa intervencional como um produto, que inclui atividades desenvolvidas de ensino e aprendizagem empiricamente adaptadas ao raciocínio dos estudantes e a um contexto real de sala de aula (MÉHEUT & PSILLOS, 2004).

O desenvolvimento de uma TLS pode ser baseado em princípios de design diversos, tais como, a concepção dos estudantes, as características restritas do conteúdo específico, suposições epistemológicas, perspectivas de aprendizagem, abordagens pedagógicas e características do contexto educacional e mesmo uma combinação delas. Ao final do processo, espera-se obter resultados que contribuam para um corpo de conhecimento na dimensão didática, conforme Lijnse (2010) afirma existir e haver uma lacuna a ser preenchida (imagem ilustrada na figura 55).

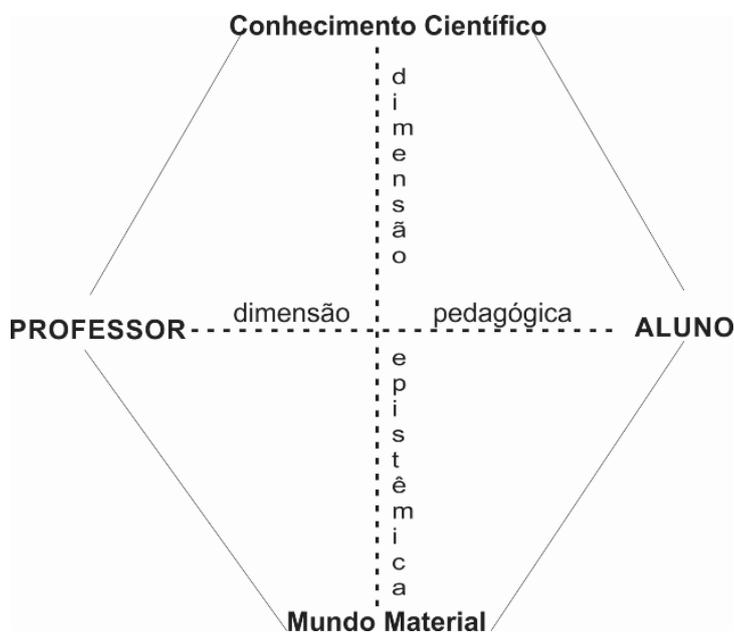
Papel do Pesquisador:

Na pesquisa baseada em design, o papel do pesquisador é diferente daquele que é comum na pesquisa educacional tradicional. Neste último caso, na maioria das vezes o investigador é primariamente um observador externo e intérprete do que está acontecendo nas salas de aula. Na DBR, por outro lado, ele é um participante ativo do projeto. Ele não é apenas o que estuda o que está acontecendo do lado de fora, mas é o primeiro a moldar seu objeto de dentro do processo. Na verdade, ele realiza um experimento de ensino, no qual ele é responsável pelo design didático, pela formação de professores, pelos testes, pela implementação e assim por diante. Como consequência, o principal resultado desta pesquisa é o processo de aprendizagem do conhecimento didático relativo aquele conteúdo “alvo” de ensino. O pesquisador deve ter conhecimento sobre as abordagens didáticas usuais a respeito daquele tema e, também, da literatura relevante e ideias teóricas que ele quer aplicar. Além disso, ser capaz de desenvolver e justificar uma nova abordagem didática e, acima de tudo, projetar uma sequência de ensino de tal forma que os professores sejam capazes e dispostos a colocar suas ideias em prática como deveria (LIJNSE, 2010, p.146).

No desenvolvimento de uma TLS, o pesquisador deve levar em consideração os elementos: professor, alunos, mundo material e o conhecimento científico. Méheut e Psillos (2004) propõem um modelo que negocia esses elementos através de duas dimensões, uma pedagógica e outra epistêmica, conforme figura 56. A dimensão epistêmica relaciona os conteúdos científicos da sequência didática, os problemas oriundos do mundo material que fundamentaram a prática científica e o contexto histórico. Considera ainda os processos de elaboração, os métodos e a validação do conhecimento científico e sua significação com o mundo real. A dimensão pedagógica leva em conta os aspectos relacionados ao papel do professor, às interações entre

professor-aluno e aluno-aluno, bem como às restrições do próprio funcionamento da instituição de ensino por meio de programas, cronogramas, dentre outros.

Figura 56 – Losango Didático.



Fonte: Adaptado de Méheut e Psillos (2004, p.517).

Os autores ainda enfatizam que no processo de *design* de uma TLS várias questões emergem sobre as situações de ensino e aprendizagem, problemas, atividades, decisões tomadas pela variedade de considerações incluindo análise do conteúdo, epistemologia, concepções e motivações dos estudantes, teorias de aprendizagem e pedagógicas e restrições educacionais. Essas questões motivam a pesquisa e acabam por gerar resultados que deverão fazer parte de um conhecimento pertencente à dimensão didática, relativo, portanto, a um conteúdo específico.

O processo de desenvolvimento de TLS (*Teaching-Learning Sequences*) envolve, basicamente, 5 etapas:

A seleção do tema e proposição dos princípios de design: A escolha do tema deverá ser direcionado a melhoria da qualidade do que se ensina e a aprendizagem dos alunos ou ainda algo inovador que procure motivar os alunos a determinada aprendizagem, como por exemplo, ensinar o estudo de Prismas Retos por meio da Robótica educacional. E, os princípios de design, seriam, exatamente, os pressupostos teóricos, que servem de base para o planejamento das intervenções, e

portanto, devem estar em sincronismo com o tema escolhido, no exemplo, a teoria Construcionista de Seymour Papert estaria fortemente relacionada com o tema em questão.

O Design: É a preparação para o processo de implementação, pela qual utilizando-se dos princípios de design (teoria), descreve-se os objetivos específicos que se pretenda desenvolver, a respeito de um dado conteúdo, durante a implementação.

A implementação: É a aplicação da sequência pelo professor, que se preparou e se apropriou das ideias e objetivos da TLS. Ele é um protagonista real do sistema de ensino que fará parte da inovação proposta. É nesta etapa que ocorre a coleta de dados referentes a análise e avaliação do experimento.

A Avaliação: As três etapas anteriores dão o caráter de *produção*, baseada em resultados existentes de pesquisa. Contudo, a etapa de avaliação da TLS é feita com base nos objetivos traçados inicialmente e nos princípios de *design*. De maneira geral, pretende-se avaliar se a TLS produzida é fiel aos princípios definidos e se atende aos objetivos pretendidos. Um parâmetro importante nessa avaliação também é se a implementação transcorreu de modo que os resultados se aproximaram do que era esperado, em termos de ensino e aprendizagem obtidos.

Essa etapa do processo está intimamente relacionada à coleta de dados que serão analisados visando o *redesign*. Durante o processo de *design* é necessária a elaboração de instrumentos de avaliação para serem aplicados durante a implementação da TLS. Esses instrumentos devem ser criados baseados no objetivo principal da TLS, uma vez que a sequência deve ser avaliada em relação a ele.

Méheut e Psillos (2004) sugerem dois tipos de avaliação, uma anterior à implementação e outra posterior. Eles chamam de avaliação interna e externa, respectivamente. A eficácia da abordagem pode ser verificada através da comparação destes resultados com os obtidos pelos mesmos alunos antes da sequência. O objetivo da avaliação interna (anterior) é testar a eficácia da sequência em relação aos objetivos iniciais e a avaliação externa (posterior) permite verificar se o trabalho feito em conjunto com os alunos é mais eficaz do que outros tipos de ensino tomado como referência.

O Redesign: Essa última etapa da TLS consiste em fazer um redesign, ou seja, reprojeter, replanejar a TLS com base na avaliação feita. Essa etapa é posterior à avaliação e só pode ser executada após a análise do material coletado durante a

implementação. Esse material pode ser bastante diversificado, tal como atividades escritas pelos alunos, gravação das aulas e entrevistas com alunos e o professor aplicador.

Essas etapas são gerenciadas por uma equipe de pesquisa composta por especialistas e professores da instituição escolar onde acontecerá a implementação.

8.2 – O Experimento.

O experimento foi desenvolvido em três etapas: A Oficina de Robótica Pedagógica; A Construção e Programação dos protótipos e a Exposição. Cada etapa do projeto foi desenvolvida em grupos com tarefas distintas entre si. Com o intuito de verificar o conhecimento dos alunos em relação ao conteúdo pretendido, Prismas Retos, os estudantes foram submetidos a um pré-teste o qual serviu como referência às principais dificuldades a serem abordadas durante o experimento, bem como, fora utilizado para análise posterior, através de pós-teste, a partir da variável aprendizagem do Design Experiments.

Oficina de Robótica Pedagógica:

Teve carga horária total de 06 horas-aulas de 45 minutos, desenvolvida no próprio horário de aula, onde foram abordados conceitos do software Arduino, IDE, sua instalação, bem como o carregamento do firmware. E, em seguida, apresentado o software Scratch for Arduino-S4A, onde fora ministrado um minicurso de programação em bloco, utilizando a placa Arduino-Uno, com os principais comandos da programação, referentes ao acionamento dos motores, leds e sensores, exemplificando através de conceitos geométricos (retas, ângulos e rotação...). O uso da placa Arduino Uno – R3 e seus componentes, foi abordado com os principais tópicos a respeito das funcionalidades de cada porta serial e analógica, especificando o significado de cada conexão, componentes (Ponte H, motores, servomotores, sensores, protoboard, jumpers, ...) e fonte de alimentação. Bem como, foram apresentados os conceitos de tensão, uso de resistores e circuitos elétricos, com o apoio do professor de Física.

Construção e Programação dos protótipos:

Foram desenvolvidas por 4 equipes de 5 componentes (variando conforme o número de alunos de cada turma), com carga horária de 6 horas-aulas, de 45 minutos, e desenvolvido na sala de aula, onde foram submetidas a construção dos protótipos (cabeça, tronco, braços e pernas), acoplagem dos motores, montagem dos circuitos e programação, de acordo com o aprendizado da oficina de robótica e as características de cada atividade.

Exposição:

Foi realizada por equipe, sob a forma de seminário, envolvendo as características dos Prismas Retos construídos: Reconhecimento, Elementos e Áreas das superfícies, assim como, fora apresentado os movimentos e acionamentos programados em cada protótipo a partir de suas características.

8.3 – Construção do Protótipo Robô.

A construção será realizada a partir de atividades divididas em 4 Etapas, a serem desenvolvidas por 04 grupos, livres ao uso de materiais e componentes, respeitando fatores socioculturais como: liberdade de expressão, incentivo à troca de ideias e a criatividade, própria do Construcionismo (PAPERT, 1990).

Responsabilidades:

- Grupo I – Braços;
- Grupo II – Pernas;
- Grupo III – Tronco;
- Grupo IV – Cabeça;

1ª ETAPA – Construção do Corpo Robótico

ATIVIDADE I – Construir o corpo robótico com as sugestões: suas faces (cabeça, tronco e membros) devem ter formatos retangulares e obedecerem a características específicas.

- a) Os dois braços devem ter formatos e comprimentos iguais.
- b) As duas pernas devem ter formatos e comprimentos iguais, e serem diferentes do formato dos braços.

- c) O tronco deverá ter o mesmo formato dos braços, porém, com comprimento e largura diferentes (maiores).
- d) A cabeça deverá ter o formato diferente do tronco e dos membros.

OBS.: Cada item da atividade I deverá ser devidamente anotado em uma tabela com as seguintes informações: Comprimento, largura e áreas, das laterais e das bases, de cada objeto construído.

Espera-se com essa atividade que, a partir da construção, os grupos consigam debater entre si a respeito dos formatos dos sólidos, calcular as áreas das superfícies e reconhecer as diferenças entre os Prismas Retos: Quadrangular, paralelepípedo retângulo e Cubo. Bem como, realizar o levantamento de material e custos necessários a partir das medidas do protótipo proposto.

A avaliação desta atividade levará em consideração algumas variáveis dependentes do Design Experiments.

Variável de clima: Em que, através de filmagens e observações técnicas (VIANA, 2007), serão consideradas: a colaboração de cada aprendiz, o compromisso e o grau de esforço na tarefa dada, procurando fazer anotações das dificuldades e insights dentro da equipe, relacionadas a utilização das ferramentas de medidas: de comprimento, de ângulos e de tensão.

Variável Aprendizagem: Onde serão observados os conhecimentos dos alunos quanto às medidas de comprimento, cálculo das áreas superficiais dos Prismas Retos e reconhecimento do sólido construído, assim como, as habilidades, estratégias e disposições para desenvolver a atividade na prática. Avaliadas através de pós-testes.

2ª ETAPA – Acoplagem dos Periféricos.

ATIVIDADE II – Em cada protótipo construído, quando necessário, acoplar: motor DC, servo motor, leds e/ou motores de sucata, para acionamento e realização dos movimentos, descrevendo o algoritmo para sua programação.

- Grupo I – Movimento dos Braços (Acoplar servomotores em cada braço);

- Grupo II – Movimento das Pernas (Acoplar os dois motores à base de sustentação das pernas robóticas);
- Grupo III – Tronco (Acoplar leds individuais, de mesma cor, ligados em cada face do sólido, leds de outra cor e iguais ligados nas arestas do sólido e leds diferentes dos demais e de mesma cor ligados nos vértices do mesmo);
- Grupo IV – Cabeça (Acoplar 02 leds, de mesma cor, ligados com um fio de cobre, na posição do olho robótico e um servo motor na posição do pescoço);

OBS.: Cada grupo deverá anotar em uma tabela as seguintes informações: Algoritmo de programação, relação entre o número de leds (equacionando de acordo com suas cores).

Espera-se com essa atividade que, a partir da construção, os grupos consigam debater entre si a respeito do algoritmo de programação, os movimentos dos motores e servos, o acionamento dos leds (ligação em série, paralela e resistor equivalente), bem como a respeito das quantidades de arestas, faces e vértices, chegando à relação de Euler.

A avaliação desta atividade levará em consideração as seguintes variáveis:

Variável de clima: Em que, através de filmagens e observações técnicas, será considerada: a colaboração de cada aprendiz, o compromisso e ao grau de esforço na tarefa dada, procurando fazer anotações das dificuldades relacionadas: ao algoritmo de programação, cálculo do resistor equivalente, ligação em série / paralela e da relação de Euler.

Variável Aprendizagem: Onde serão observados os conhecimentos dos alunos quanto aos conceitos da física: ligação em série/paralela, resistores equivalentes, corrente elétrica e voltagem, verificando as habilidades e disposições para executá-las na prática. Avaliadas através de perguntas de respostas curtas.

Variável Sistêmica: Será avaliada através de entrevistas ou por meio de relatos, as dificuldades de adoção e custos para a realização do experimento, no que se refere a aquisição dos motores e periféricos necessários.

3ª ETAPA – Programação.

ATIVIDADE III – Realizar a programação utilizando o Scratch for Arduino – S4A, para o funcionamento de cada protótipo desenvolvido.

- Grupo I – Movimento dos Braços (programação para o movimento de 0° à 180°);
- Grupo II – Movimento das Pernas (programação dos movimentos direcionais);
- Grupo III – Tronco (programação para acionamento dos leds);
- Grupo IV – Cabeça (programação para o movimento da cabeça);

OBS1.: Cada grupo deverá fazer a anotação das linhas de programação realizada para os seus respectivos experimentos.

OBS2.: Em todos os experimentos, os grupos podem ajudar uns aos outros, fazendo anotações dos achados.

Espera-se com essa atividade que, a partir da construção, os grupos consigam debater entre si a respeito da programação de cada protótipo, bem como, apresentem vestígios concernentes ao pensamento computacional.

A avaliação desta atividade levará em consideração as seguintes variáveis:

Variável de clima: Através de fotos, filmagens e observações técnicas, pelas quais serão consideradas: a colaboração de cada aprendiz, o compromisso e ao grau de esforço nas tarefas dadas. À medida que serão feitas anotações das dificuldades e os insights dentro da equipe.

Variável Aprendizagem: Onde serão observados os conhecimentos dos alunos quanto a programação, suas habilidades e as disposições para executá-las na prática. As quais, serão avaliadas através de repostas curtas.

Variável Sistêmica: Será avaliada através de entrevistas ou por meio de relatos, onde serão discorridas as dificuldades para a adoção do experimento e custos de aplicação, no que se refere a utilização de computadores e internet.

4ª ETAPA – Produto Final.

ATIVIDADE IV – Acoplar e reunir as sintaxes de programação para o funcionamento integral do protótipo Robô.

OBS.: Para a atividade final será realizada uma reorganização dos grupos, de tal forma que cada novo grupo deverá ser formado com pelo menos um componente dos outros grupos. Possibilitando, com isso, a facilidade na compreensão das linhas de programação dos quatro grupos para o produto final!

GRUPOS: Todos os grupos serão desafiados a juntar as linhas de programação para o movimento integral do robô, obedecendo aos critérios:

1. Sempre que o robô for para frente seus braços deverão levantar 90° .
2. Quando for para trás a cabeça deverá girar de 0° a 30° .
3. Os leds da cabeça e do tronco deverão ficar ligados diretos durante todos os movimentos.

Espera-se com essa atividade que os grupos consigam debater entre si a respeito da programação, dos movimentos do protótipo, com a melhor sintaxe para a tarefa desenvolvida, à medida que se busca indícios ao pensamento computacional.

A avaliação desta atividade levará em consideração as seguintes variáveis:

Variável de clima: Através de filmagens e observações técnicas, se atentará a colaboração de cada aprendiz, o compromisso e o grau de esforço na tarefa dada, procurando fazer anotações das dificuldades e interações dentro da equipe, relacionadas às estratégias para a junção das linhas de programação e funcionamento integral do Robô.

8.4 Coletas dos Dados.

A pesquisa parte de um contexto natural de aprendizagem por meio da observação experimental para a construção e programação de protótipos robotizados, a partir dos conceitos matemáticos dos sólidos geométricos, especificamente dos Prismas Retos, desenvolvidos por estudantes do ensino médio de 03 escolas públicas, pertencentes ao espaço rural do município de Concórdia do Pará – Educação no Campo. A importância de se observar tal prática na escola pública, entre outros aspectos, reside na busca por conhecer quais são as necessidades mínimas para a adoção da prática para o desenvolvimento da robótica educacional, como recurso, nas aulas de geometria espacial - Prismas Retos, em estudantes da

educação básica. Nesta pesquisa, de caráter exploratório, optou-se pela observação não estruturada (VIANNA, 2007), haja vista que seu uso como técnica exploratória é bastante frequente, objetivando estabelecer um panorama do campo de observações, sua delimitação, bem como estabelecer o conteúdo das observações (Ibidem).

A observação foi participante, aberta, não sistemática, in natura e de outros (VIANNA, 2007). A observação foi participante porque o pesquisador interagiu com os sujeitos da observação, estudantes e professores. Foi aberta porque os sujeitos tinham conhecimento da presença do pesquisador. Foi não sistemática, porque não era possível controlar as variáveis envolvidas na observação.

Vianna (2007) reserva o termo observação sistemática para observações em laboratório, na qual é possível controlar algumas variáveis e observar as demais. Por ocorrer no ambiente real da prática educativa, sala de aula, a observação foi in natura e foi considerada como observação de outros, porque o foco da observação não era a prática do próprio pesquisador.

Optou-se por filmar e tirar fotos em todas as atividades, focando nos momentos em que aconteciam os debates ou as decisões por parte dos alunos. Foram feitas anotações pelo pesquisador em notas de campo. Além disso, foi solicitado às equipes que realizassem anotações em seus cadernos, onde foram coletados os registros em papel feitos durante a realização das atividades, bem como os arquivos com as fotos e filmagens das equipes durante os experimentos, as quais foram registradas com o uso da câmera de dois smartphones e repassadas para o laptop do pesquisador, sendo analisadas posteriormente e transcritas para a pesquisa.

Após cada atividade, foi realizada a reflexão, conforme o Design Experiments, levando em consideração os seguintes pontos: As atividades realizadas dentro do conteúdo proposto, Prismas Retos, conceitos da eletricidade – circuito elétrico, vestígios ao desenvolvimento do Pensamento Computacional e as interações e considerações dos alunos sobre o experimento (robô direcional). Os dados coletados foram transcritos de forma seletiva procurando evidenciar as ações, estratégias e interações referentes às atividades propostas.

A observação foi realizada em três escolas municipais do espaço rural, vinculadas ao SOME, como anexas da Escola Estadual Amábílio Alves Pereira, localizada no município de Concórdia do Pará - Estado do Pará. O professor, responsável pelo projeto nas escolas, aplicou as atividades nas turmas do terceiro ano do ensino médio, seguindo as prerrogativas metodológicas do Design Experiments.

O projeto foi desenvolvido ao longo de 2022 com atividades voltadas ao ensino de Prismas Retos, com reaproveitamento de conteúdos interdisciplinares, referentes ao campo de Ciências da Natureza - Física, além de abranger temas transversais como meio ambiente, todas no horário de aula específico de cada escola.

A análise das atividades foi realizada no próximo capítulo, com aplicação em três escolas, pelas quais procurou-se descrever os eventos ocorridos durante a coleta de dados, relacionando-os simultaneamente à luz das teorias apresentadas, enfatizando o Construcionismo de Papert.

Ressalta-se ainda, que todos os participantes do experimento concordaram em fazer parte da pesquisa, com a exposição dos resultados e divulgação de suas imagens, com a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, assinado pelos alunos maiores de 18 e pelos pais responsáveis dos menores.

9 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO.

PROBLEMA PROPOSTO

Um dos jogos mais conhecidos no mundo é o Minecraft, onde os jogadores exploram um mundo aberto tridimensionalmente, cujos objetos e personagens são basicamente formados por blocos de faces retangulares, conforme figura 57.

Figura 57 - Print do jogo Minecraft.



Fonte: Wikepedia

Desta forma, seguindo a mesma ideia da construção de blocos retangulares e a partir das responsabilidades de cada grupo, desenvolva as seguintes atividades:

ATIVIDADE I – Construir o corpo robótico em formato de Prisma Reto com as sugestões: suas faces (cabeça, tronco e membros) devem ter formatos retangulares e obedecerem a características específicas.

ATIVIDADE II – Em cada protótipo construído, quando necessário, acoplar: motor DC, servo motor, leds e/ou motores de sucata, para acionamento e realização dos movimentos, descrevendo o algoritmo para sua programação.

ATIVIDADE III – Realizar a programação utilizando o Scratch for Arduino – S4A, para o funcionamento de cada protótipo construído.

ATIVIDADE IV – Acoplar e reunir as sintaxes de programação para o funcionamento integral do protótipo Robô.

9.1 - ESCOLA 01 – Escola Municipal Quilombo Campo Verde.

Localizada à 36 quilômetros do município de Concórdia do Pará, pertencente a Vila Campo Verde - Comunidade Santo Antônio, a qual abriga a Associação das Comunidades Remanescentes de Quilombos Nova Esperança de Concórdia do Pará – ARQUINEC. As aulas funcionam nos turnos manhã e tarde, sendo que o Ensino

Médio é ofertado através do SOME por meio da Secretaria Estadual de Ensino do Pará – SEDUC/PA, apenas no turno da tarde.

A escola apresenta pouca estrutura física, sem laboratórios de informática, sem biblioteca ou salas disponíveis para atividades extracurriculares, dispondo de internet apenas na secretaria, a qual é separada da estrutura física escolar. A maioria dos estudantes, utiliza como forma de ingresso às universidades o PSE I/Q (Processo Seletivo Especial Indígena e Quilombola). A comunidade, vive, em geral, do cultivo da mandioca, produção de farinha e bolsa família. Sem mercadinhos locais, e, devido a localização geográfica, distante dos centros urbanos e próxima ao rio Bujaru, o escoamento da produção é feita, em sua maioria, via barcos.

O projeto foi apresentado à turma do terceiro ano do ensino médio, como parte curricular do conteúdo de geometria espacial em matemática, assim como, do conteúdo “eletricidade” em Física, o que possibilitou o trabalho integrado das duas disciplinas para o desenvolvimento do mesmo.

A turma composta por 19 alunos, faixa etária de 17 a 22 anos, foi dividida em 04 grupos, afim de desenvolverem atividades específicas voltadas ao conteúdo de Geometria Espacial - estudo de Prismas Retos.

Antes do projeto ser iniciado, houve um primeiro encontro entre os professores para repassar a metodologia do projeto, assim como orientá-los quanto a instalação e manuseio do software de programação e da placa Arduino, em que participaram três professores, dois de matemática e um de Física, do bloco de disciplinas do SOME. Os quais, serviram de apoio para as filmagens, fotos e anotações durante a execução do experimento.

O primeiro encontro com os alunos foi dirigido no sentido de repassar a ideia de como seria o projeto, os componentes e ferramentas a serem utilizadas, figura 58, assim como, foi utilizado o quadro branco para direcioná-los a um modelo específico de robô, figura 59, de tal forma que atendessem ao conteúdo matemático pretendido, Prismas Retos.

Figura 58 - Foto dos componentes e ferramentas junto à turma do 3º Ano do Ensino Médio.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 59 - Fotos do modelo robótico.



Fonte: Arquivo pessoal.

Com o intuito de serem avaliados ao fim do projeto, a partir da variável aprendizagem, do Design Experiments, foi realizado um pré-teste, 11 questões, com intuito de analisar as principais dificuldades encontradas pelos estudantes, referentes aos conceitos e aplicações da geometria plana: áreas das figuras retangulares, e espacial: elementos dos Prismas Retos.

As questões foram direcionadas dentro de uma sequência didática pela qual os alunos foram levados ao reconhecimento da figura plana pretendida, retângulo, a área de suas superfícies, problemas, reconhecimento do sólido geométrico - Prismas Retos e seus elementos.

Dos 19 estudantes, apenas 01 estava ausente no dia da aplicação da prova.

A primeira questão buscou saber se os estudantes conseguiam reconhecer um retângulo, buscando o entendimento visual e conceitual, conforme quadro 02.

Quadro 8 – Reconhecimento de um retângulo.

QUESTÃO 01	ITENS MARCADOS					
	A, E	A, B	A	B,C,D	E	A,C
01 – Nos polígonos abaixo, identifique aqueles que representam retângulos. a) <input checked="" type="checkbox"/>  b) <input type="checkbox"/>  c) <input type="checkbox"/>  d) <input checked="" type="checkbox"/>  e) <input type="checkbox"/> 	08	03	04	01	01	01

Fonte: Pesquisa de Campo.

A partir dos dados coletados, quadro 8, percebeu-se que a maioria, 15 estudantes, embora não tenha uma definição formada do conceito, conseguiram reconhecer a alternativa A como sendo um retângulo. E que apenas 08 estudantes apresentavam a ideia formada do conceito de retângulo, revelando a necessidade em se explorar mais a fundo a definição desta figura.

Outra questão relevante foi quando questionados a respeito da área dos retângulos nas questões 03 e 04, de forma subjetiva.

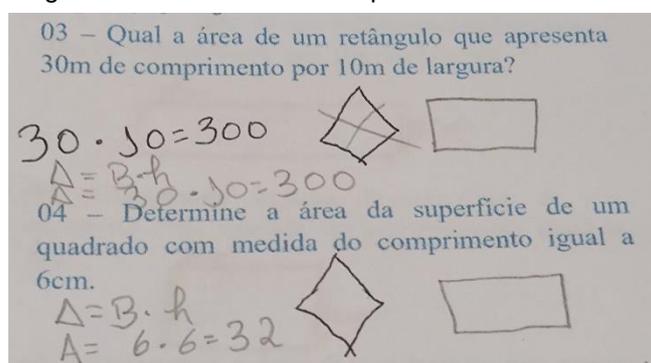
Quadro 9 – Cálculo de áreas em superfícies retangulares.

QUESTÕES	RESPOSTAS		
	ACERTOS	ERROS	BRANCO
03 – Qual a área de um retângulo que apresenta 30m de comprimento por 10m de largura?	02	03	13
04 – Determine a área da superfície de um quadrado com medida do comprimento igual a 6cm.	0	02	16

Fonte: Pesquisa de Campo.

Ao observar o quadro 9, percebe-se que a maioria não apresentava a ideia de área, com quase 100% dos estudantes deixando em branco as duas questões. Na resposta de um dos estudantes revelou-se o conhecimento que trouxeram consigo de áreas de superfícies retangulares, pela qual fora utilizado a fórmula: base x altura, conforme figura 60. Levando a considerar que os outros não haviam lembrado da “fórmula”, haja vista que a grande maioria estudou junto em todas as séries anteriores.

Figura 60 - Fórmula utilizada para o cálculo de área.



Fonte: Pesquisa de Campo.

As questões 05 e 06, buscaram agregar o conhecimento a respeito do cálculo de área dentro de problemas, utilizando linguagem usual e linguagens detalhadas, todas subjetivas.

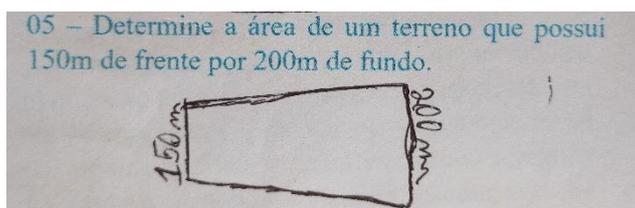
Quadro 10 – Problemas com áreas de superfícies retangulares.

QUESTÕES	RESPOSTAS		
	ACERTOS	ERROS	BRANCO
05 – Determine a área de um terreno que possui 150m de frente por 200m de fundo.	00	02	16
06 – Uma pessoa deseja revestir o pátio de sua casa, de medidas: 3 m de largura por 2 m de comprimento. Sem considerar os desperdícios de lajotas, quantos m ² de revestimento serão necessários?	02	07	09

Fonte: Pesquisa de Campo.

Os resultados do quadro 10 revelaram que a turma não tinha a ideia de qual operação utilizar para solucionar os problemas. E a utilização da questão 05 pelo pesquisador, embora seja muito utilizada em linguagens do dia-a-dia e em livros didáticos, acabou por gerar misconception, equívoco, no entendimento da maioria dos estudantes, conforme figura 61.

Figura 61 - Equívoco na interpretação do problema.

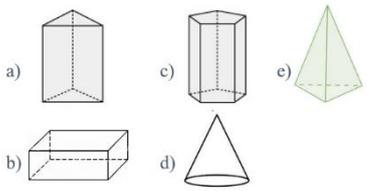


Fonte: Pesquisa de Campo.

Vale ressaltar que Misconception é um termo na língua inglesa que traduz a palavra Equívoco, o qual, no dicionário on-line da Encarta, “é uma ideia ou visão equivocada, resultante de um mal entendido de algo”, ou seja, é definido como um erro conceitual, ocorrido, geralmente durante a tentativa em compreender um determinado conteúdo exposto e reproduzi-lo. Desta forma, o apropriado seria que o professor evitasse tais situações no contexto inicial de aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, assim como na elaboração das atividades introdutórias de um dado conceito.

Ao considerar as questões voltadas aos sólidos geométricos, o pesquisador preocupou-se apenas com o reconhecimento e os elementos dos Prismas Retos, nas questões 10 e 11.

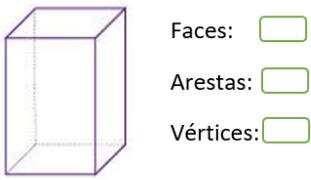
Quadro 11 – Reconhecimento de Prismas Retos.

QUESTÃO 10	ITENS MARCADOS									
	B,C	A,C	D,E	A,D,E	C,D	A,E	C,E	E	C	A
10 – Nos sólidos abaixo, identifique aqueles que representam um prisma. 	01	05	01	01	01	01	03	03	0 1	0 1

Fonte: Pesquisa de Campo.

Com os resultados do quadro 11, constatou-se que a maioria não tinha a ideia ou conceito de Prismas, justificada pela quantidade de resposta dada ao item B, mencionada por apenas 01 estudante, e a quantidade de resposta dada ao item E, 09 estudantes.

Quadro 12 – Elementos de um Prisma.

QUESTÃO 11	Nº DE ESTUDANTES			
	ELEMENTOS	ACERTOS	ERROS	BRANCO
11 – No Sólido geométrico abaixo indique o número de: Faces, Arestas e Vértices. 	FACES	03	11	04
	ARESTAS	01	13	04
	VÉRTICES	01	14	03

Fonte: Pesquisa de Campo.

Ao referir-se aos elementos de um Prisma, quadro 12, observou-se, a partir dos dados coletados, que apenas 01 estudante conseguiu informar, corretamente, todos os elementos do sólido questionado, o que representa uma deficiência na abordagem deste tipo de conteúdo, elementos de um poliedro.

Desta forma, a partir dos resultados acima citados, aplicou-se o experimento com foco nas principais deficiências encontradas, no intuito de saná-las à medida que se avaliam as potencialidades do projeto para a aprendizagem do conteúdo abordado.

Com os alunos cientes do que seria a construção, passou-se ao desenvolvimento da oficina de robótica pedagógica, composta por três ministrantes, o pesquisador e os outros dois professores da equipe de matemática do SOME, conforme figura 62.

Figura 62 - Equipe de Matemática SOME.



Fonte: Arquivo pessoal.

Com o uso de uma Datashow foi introduzido o conceito de algoritmo, bem como a utilização do Software de programação Scratch for Arduino – S4A, mostrando como instalar, os principais comandos de cada ferramenta, com foco principal no “controle”, “movimentos” e “sensores” e as possibilidades de uso.

Foi solicitado aos estudantes que fizessem anotações de todos os comandos para acionamento de motores, leds e sensores, o uso das ferramentas (controle, movimento, sensores, etc.) e as estratégias para o funcionamento. Devido à ausência do laboratório de informática na escola do Quilombo, assim como nas escolas estaduais e municipais pertencentes ao município, foram utilizados 02 laptops, cedidos pelos professores, para que os alunos pudessem testar alguns comandos apresentados. Os testes eram realizados por duas equipes de cada vez, com tarefas simples que os auxiliassem no desenvolvimento do projeto, utilizando comandos de movimentos geométricos e sons, apenas no ambiente virtual. Este primeiro momento teve duração de 03 horas-aulas, de 45 minutos cada, com intervalo de 15 minutos. No segundo momento, após o intervalo, com a mesma duração 03 horas-aulas, os alunos foram apresentados às placas e componentes arduinos, onde foram repassados,

através de uma apresentação, com Datashow e com prints do software Tinkercad, devido à falta de internet, como eram realizadas as ligações entre os componentes. E, por conseguinte, realizadas na prática pelas equipes, as quais foram apresentadas a placa Arduino-uno, a protoboard, os servos motores e a placa Ponte H, descrevendo a utilização de cada porta digital e analógica, figura 63. Os alunos puderam testar alguns comandos da programação em bloco a partir das conexões estudadas, sempre auxiliados pelos outros dois professores, os quais mostraram a relevância do uso das ferramentas de medição, multímetro, a utilização de resistores, bem como as ligações dos leds em série e paralelo, observados pelo professor de Física, conforme figura 64.

Figura 63 - Oficina de Robótica - Ligação dos componentes Arduino.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 64 - Oficina de Robótica: circuito elétrico.



Fonte: Arquivo pessoal.

APLICAÇÃO DO PROJETO

Com a conclusão da oficina de Robótica pedagógica, os estudantes ficaram incumbidos de trazer para a sala de aula materiais recicláveis e restos de sucata com o intuito de desenvolverem as atividades de acordo com o problema proposto:

9.1.1 - Experimento 1 – Braços Robóticos.

I - Os dois braços devem ter formatos e comprimentos iguais e serem diferentes do formato das pernas.

II – Algoritmo para o Movimento dos Braços (de 0° à 180°);

III – Programação para Movimento dos Braços (de 0° à 180°);

A equipe dos braços era formada por 05 componentes. A princípio, demoraram um pouco para desenvolverem a construção, pois seu protótipo deveria ser diferente do formato das pernas, e, portanto, teriam que entrar em acordo com esta equipe sobre quais formatos utilizariam. Ao chegarem à equipe das pernas observaram que os mesmos haviam utilizado em seu protótipo um formato já construído de paralelepípedo reto retângulo. Com isso, discutiram a respeito e, em um dado momento, perguntaram ao professor sobre qual formato teriam que fazer.

Quadro 13 – Diálogo a respeito do formato a ser construído.

Jamily – “Como agente vai fazer esse braço, eles usaram um caixa de pasta”.
 Sandy – “Não sei, o professor falou que o formato era pra ser diferente”.
 Arnaldo – “Como assim formato?”
 Jamily – “Acho que deve ser qualquer coisa diferente do braço”.

Fonte: Autor.

Com a observação do diálogo da equipe dos braços, quadro13, o professor entendeu que o conceito de formas ou formatos não havia sido fixado entre os componentes, o levando a tomar nota da falta de explicações a respeito destes termos.

O professor orientou que observassem as faces, quanto as suas formas retangulares e discutissem de que maneira poderiam fazer para que não ficassem iguais às formas em que as pernas foram feitas. A equipe, após várias discussões, quadro 14, inclusive com a equipe das pernas, chegou à conclusão de que poderia utilizar um quadrado nas bases, uma vez que a equipe das pernas optou por utilizar a base retangular não quadrada.

Quadro 14 – Diálogo sobre as estratégias para a construção dos braços.

Artur (Pernas) – “O nosso não dá de mudar mais... É só vocês fazerem a base diferente...”.
 Sandy – “Vamos recortar dois quadrados pra ficar na base então...”.
 Arnaldo – “Recortem aí que eu vou pegar logo o motor...”.
 Claudieni – “Vamos ter que recortar quatro lados iguais pra lateral...”
 Jamily – “Não precisa, agente mede ao redor da base e corta inteiro”.
 Claudeny – “Mas o professor quer que calcule uma por uma das faces...”
 Jamily – “Depois de cortado agente mede e calcula...”

Fonte: Autor.

A construção foi realizada com materiais reutilizados trazidos pelos próprios alunos. Desmontaram uma caixa de papelão e construíram os braços com as medidas e formatos definidos pelos mesmos, conforme figura 65.

Figura 65 - Construção dos braços robóticos.



Fonte: Arquivo pessoal.

A equipe realizou as medições utilizando uma pequena trena, figura 66, e as respectivas anotações em uma tabela, figura 67, conforme solicitados, quanto as medidas das arestas e as áreas das faces.

Foram instigados pelo professor a respeito dos resultados das áreas das faces laterais, assim como das faces das bases, o que os levou à conclusão de que as faces laterais teriam todas as áreas iguais, bem como as áreas de bases quadradas, revelando indícios de aprendizagem, tanto no cálculo das superfícies planificadas (lateral e base), quanto no comparativo do Prisma quadrangular regular diante do paralelepípedo reto retângulo.

Figura 66 - Medição dos braços robóticos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 67 - Medidas e áreas do Protótipo braço.

 A photograph of a handwritten table on lined paper. The table has columns for 'Face', 'Comprimento', 'Largura', and 'Área'. The data is as follows:

Face	Comprimento	Largura	Área
Face 1	10 cm	5 cm	50
Face 2	10 cm	5 cm	50
Face 3	10 cm	5 cm	50
Face 4	10 cm	5 cm	50
Face 5	5 cm	5 cm	25
Face 6	5 cm	5 cm	25

 Below the table, there is a list of names: 'Movimentação dos braços', 'family, Santos', 'Arnaldo', 'Bruno', 'Claudene', 'Gondy', 'Guararapes', 'Fundação da Silva', 'da Silva', 'Mota'.

Fonte: Arquivo pessoal.

Para os movimentos, foram utilizados dois servomotores, fornecidos pelo professor, que, após a construção, foram solicitados pelos alunos, juntamente com a placa Arduino e o computador para as conexões e a programação dos movimentos, antes de serem acoplados nos braços, conforme figura 65. Perguntados sobre o porquê de quererem programar antes de acoplarem nos braços, responderam:

Jamily – “Para primeiro entender os movimentos das palhetas”.

Os alunos conseguiram fazer a conexão na placa Arduino sem muita dificuldade, utilizando as anotações e as observações expostas durante a oficina de robótica.

Ao iniciarem a programação com o software S4A aberto, ficaram alguns minutos estáticos, sem saber por onde iniciar. O professor instigou a respeito dos primeiros passos discutidos durante a oficina de robótica, pedindo que observassem as anotações e fotos retiradas. Depois de discutirem e analisarem suas anotações, começaram a testar as sintaxes para o movimento sugerido. Houve dificuldades de manuseio do mouse e várias discussões a respeito dos movimentos horário e anti-horário e da velocidade com que os servos estavam se movimentando.

Quadro 15 – Diálogo entre os estudantes sobre a utilização do software S4A.

Claudiene: E agora por onde a gente vai?

Jamily: Tu tens que colocar a “bandeirinha” primeiro, tá aqui... eu escrevi... vai lá em controle e coloca.

Claudiene: Como faz pra levar pra lá?

Arnaldo: clica em cima.

Claudiene: Não vai, já tentei.

Professor: Vocês precisam manter o click pressionado, sem deixar voltar, e arrastar até o centro.

Claudiene: Consegui... e agora?

Jamily: Coloca primeiro o “sempre” e depois tem que procurar o motor...

Claudiene: Aonde?

Jamily: procura aí.

Bruno: Vai clicando que uma hora aparece...Acho que é laranja... clica em “controle”.

Fonte: Autor.

Com vários diálogos, quadro 15, e seguindo o algoritmo descrito no caderno, conseguiram escrever a sintaxe de programação para um servomotor, visto na oficina, porém, ao testar o servo só tremia, o que os levou a revisarem a programação, conforme sugestão do professor, quadro 16.

Quadro 16 – Diálogo sobre o servomotor.

Jamily - “O que o senhor acha professor?”

Professor - “Revisem os passos da programação...”

Arnaldo - “É aquele negócio de “esperar” que era colocado?”.

Claudiene – “Onde fica?”.

Sandy – “Vê aí... é você que está com o mouse”.

Jamily: Acho que é lá em controle...

Fonte: Autor.

Após várias interações, conseguiram colocar o temporizador, conforme mostrado na oficina, entre os movimentos horário e anti-horário, com 1 segundo de espera, possibilitando, desta forma, o movimento correto do servo. O professor sugeriu que replicassem os movimentos pelo menos duas vezes colocando o temporizador entre eles e alterassem o tempo, afim de analisar o intervalo mais apropriado para o movimento dos braços robóticos. Sugeriu ainda que observassem a possibilidade de mudança de ângulos. O que gerou vários testes de posição referente aos ângulos e variando o tempo.

Por fim, o professor os informou de que o movimento deveria ser feito apenas quando uma tecla fosse pressionada, instigando a respeito de como fariam isso. Dois dos membros revisaram o caderno buscando uma solução:

Sandy: “Tá aqui no meu caderno que tem que colocar o se senão em controle...”

Arnaldo: “É mesmo, tá aqui no meu também...”

Perguntaram ao professor se teriam que fazer tudo novamente para colocar o controle condicional do software, o qual respondeu:

Professor: “Basta arrastar pra onde vocês querem que os blocos se encaixam na posição...”

Em seguida demoraram um pouco para localizar a ferramenta de pressionar a tecla, que ficava em “sensores”, figura 68, e seguindo o que foi exposto durante a oficina, concluíram a programação.

Com o motor respondendo a tecla “espaço” pressionada, os estudantes acrescentaram o outro motor, replicando e alterando apenas o temporizador, por orientação do professor. Por fim decidiram utilizar o movimento de 90° a 180°, com tempo de 1 segundo, conforme figura 69.

Figura 68 - Teste do movimento do servomotor.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 69 – sintaxe desenvolvida pelos estudantes para o movimento dos braços robóticos.



Fonte: Print do software S4A.

Uma vez realizada a programação, os dois servomotores foram acoplados nos braços robóticos, figuras 70 e 71, com a observância nas posições e de como seriam agregados ao tronco, que os levou a interação com esta equipe sobre a melhor posição para o seu encaixe, conforme figura 72.

Figura 70 – acoplagem do servomotor.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 71 – Braços Robóticos com os servos instalados.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 72 - Junção entre tronco e braços robóticos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Com algumas medições, conseguiram acoplar os braços no tronco robótico, figura 73, porém, ao avaliarem o movimento, após a junção, as duas equipes, tronco e braço, observaram que o braço não realizara o movimento desejado. Instigados pelo professor sobre o porquê de não estar funcionando, as equipes responderam que a palheta do servo estaria sem nenhum contato com o braço, que o motor havia ficado

muito dentro do braço. A equipe precisou recolocar os dois servos a partir da problemática discutida. Um dos membros relatou que havia feito a observação de erro com grupo, porém, segundo ele, não foi levado em consideração e, portanto, corrigido apenas na segunda tentativa.

Arnaldo: “Não falei que colocando todo... não iria ter movimento... Era só a palheta”.

Durante a execução final, faltou a previsão de como o braço iria se movimentar, considerando a frente do robô, com isso o braço passou a se movimentar para trás, figura 74, o que foi considerado apenas um erro de comunicação com as equipes ou mesmo o encaixe da posição do servo motor. A equipe realizou a exposição, figura 75, falando a respeito do sólido geométrico construído, das medidas utilizadas, assim como as conexões e programação do braço robótico.

Figura 73 – Braços Robóticos acoplados ao tronco.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 74 – Movimento do Braço robótico.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 75 – Exposição.



Fonte: Arquivo pessoal.

A programação e o manuseio com o computador foram realizados por apenas dois estudantes, Jamily e Claudieni.

A avaliação do experimento foi realizada por meio de observações técnicas (VIANA, 2007), analisando as prerrogativas do Design Experiments, das quais:

Variável de Clima: Todos os membros da equipe participaram e estavam comprometidos a construir o protótipo sugerido, braço robótico. Não mediram esforços em recolocar os servos, quando montado errados, assim como nas várias tentativas e troca de informações, inclusive com outras equipes, a respeito da programação do movimento angular dos braços.

Variável Aprendizagem: Os estudantes conseguiram construir o sólido geométrico, Prisma quadrangular regular, respeitando os ângulos retos de cada face, descrevendo suas medidas de comprimento e áreas, bem como conseguiram fazer a distinção entre o Prisma Quadrangular Regular e o Paralelepípedo Retângulo. Na

programação, através de debates e tentativas, conseguiram desenvolver a sintaxe correta para o movimento do protótipo, demonstrando habilidades e disposição durante a execução.

9.1.2 - Experimento 2 – Pernas Robóticas.

I - As duas pernas devem ter formatos e comprimentos iguais, e serem diferentes do formato dos braços.

II – O Movimento direcional das pernas deverá ser feito através de dois motores DC ligados a base de apoio arduino ou por motores reaproveitados da sucata com base de sustentação artesanal e formato retangular.

III – Programação para o movimento direcional das Pernas.

A equipe das pernas, formada por 04 membros, desenvolveu a construção sem a discussão com as outras equipes a respeito de qual formato utilizaria, o que acabou servindo de referência para os outros grupos debaterem sobre formas retangulares diferentes das pernas. Os estudantes utilizaram um formato pré-existente de paralelepípedo retângulo, utilizando caixas de creme dental revestidos em papel com pauta. Acrescentaram em uma das bases do sólido um pé, com restos de papelão, como parte do design final da perna. Fizeram as medições utilizando uma régua, conforme figura 76, com as respectivas anotações das medias da largura, comprimento e área de cada face dos sólidos utilizados.

Durante as anotações, na tabela, o professor detectou alguns problemas de saúde visual, verificando que um dos alunos estava com dificuldades para enxergar a medição de perto, dificultando as anotações dos valores corretos, sendo percebido e solucionado pelos demais membros da equipe, os quais refizeram as medições e repassaram para a tabela. Durante o preenchimento das áreas, observou-se que a equipe, com o intuito de, talvez, acabar logo, não se atentou às medidas distintas, dois a dois, das áreas das faces do paralelepípedo, sendo necessário, portanto, a intervenção pelo professor, para que observassem as medidas uma por uma, pois poderiam dar resultados diferentes. A atividade foi concluída com a correção dos equívocos pelos estudantes, conforme figura 77.

Figura 76 – medição da perna robótica.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 77 – Tabela com os resultados corrigidos.

	Comprimento	largura	área	30/08/2022
FACE 1	4cm	2cm	8	
FACE 2	3cm	3cm	9	
FACE 3	3cm	3cm	9	
FACE 4	3cm	4cm	12	
FACE 5	3cm	4cm	12	
FACE 6	4cm	3cm	12	

NOMES: RICARDO, ARTUR, JONAS, ELDSON

Fonte: Arquivo pessoal.

Embora as pernas robóticas não terem sido construídas a partir da planificação, o protótipo pode ser avaliado pelo reconhecimento do Prisma reto, medidas e cálculo das áreas das superfícies planas, as quais, com algumas observações do professor puderam ser compreendidas, com resultados satisfatórios.

Quanto à base direcional, foi apresentada aos alunos a base, em acrílico, utilizada na oficina de robótica, desmontada. Porém, a equipe perguntou se poderiam criar a própria base direcional com materiais reutilizáveis, o que foi aceito pelo professor. Para isso, utilizaram um pedaço de capa dura de caderno, recortada em formato retangular, figura 78. Nela acoplaram dois motores retirados de dvds, de sucata, pelos quais foram soldados dois fios de cobre, com cores diferentes, em cada um dos polos de cada motor, figura 79, conforme apresentado na oficina de robótica.

Figura 78 – Construção da base direcional.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 79 – Utilização de motores de sucata.



Fonte: Arquivo pessoal.

Nos motores foram acopladas rodas, direita e esquerda, de aceleração do robô, construídas de tampas plásticas de refrigerantes pets, revestidas com papelão (para

melhorar o atrito, segundo os alunos) e acopladas a canudos plásticos de pirulito, utilizados como eixos, conforme figura 80. Para auxiliar nas curvas construíram uma roda direcional com junção de duas tampas plásticas coladas com cola quente e revestidas com fita isolante, a qual foi acoplada em uma haste vertical de metal e fixada na posição centro-anterior da base, figura 81.

Figura 80 – montagem e acoplagem das rodas traseiras.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 81 – Confecção e montagem da roda direcional.



Fonte: Arquivo pessoal.

Embora os estudantes tenham optado por utilizar um formato já existente, os mesmos decidiram por desafiar-se à construção da base direcional, isto é, o fizeram por sentirem a necessidade deste aprendizado, corroborando com Papert (2007) que afirma: “Temos que aprender a perceber a necessidade de cada indivíduo. Ele é quem vai ditar o que precisa aprender, a que hora e com que intensidade” (PAPERT, 2007, p. 87).

Uma vez construída, fizeram a acoplagem das pernas robóticas e a ligação dos componentes. Realizaram a leitura de cada item da placa Arduino e ponte H, e, a partir do entendimento adquirido na oficina de robótica, das posições de cada fio e das funcionalidades de cada porta da placa, figura 82, realizaram as conexões dos fios, apenas os polos dos motores foram soldados, fazendo anotações a respeito de cada lado do motor, Lado A e B da Ponte H, conforme figura 83. Uma pergunta surgiu a respeito do uso das cores dos fios, o que foi reforçado pelo professor, explicando a importância de saberem escolher as cores conectadas às fontes de energia.

Figura 82 – Análise e ligação dos componentes arduinos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 83 – Anotações da posição dos jumpers conectados à placa Arduino.



Fonte: Arquivo pessoal.

Após a conexão a equipe solicitou o computador para que fizessem a programação no S4A, dos movimentos direcionais sugeridos para a base construída, figura 84.

Figura 84 – Base direcional construída.



Fonte: Arquivo pessoal.

Durante a programação houve muitas discussões a respeito dos movimentos e da programação, tanto na utilização do menu ferramentas, do S4A, quanto das estratégias para fazer os movimentos direcionais, uma vez que, durante a oficina, fora mostrado apenas os movimentos frente e trás.

O professor pediu que pensassem em um algoritmo para o movimento direcional com base nos movimentos ensinados na oficina.

Vários debates foram feitos:

Quadro 17 – Diálogo sobre o movimento direcional.

Ricardo - A gente pode colocar as três rodas pra girar...
 Artur - Se girar as rodas do motor, a solda pode sair...
 Eldison - Acho que não dá certo...
 Eldison - E se pararmos uma das rodas...
 Ricardo- O carro ficará girando...

Fonte: Autor

Com muita discussão, quadro 17, os estudantes foram até o professor perguntar se poderiam parar as rodas para fazer as curvas. O professor respondeu que:

Professor Denis - “Desde que o movimento aconteça, a estratégia é de vocês”.

Os estudantes pediram o computador para a programação, para testarem as estratégias encontradas. Houve algumas dúvidas a respeito do menu sensores, porém, com diálogos e tentativas entre eles, conseguiram chegar à solução. Na primeira tentativa, a partir das anotações feitas, figuras 85 e 86, dos motores e portas digitais, a base direcional não funcionou conforme o planejado. Perguntaram ao professor sobre o que poderia ter acontecido. E, obtiveram como resposta que revisassem a sintaxe de programação, figura 87.

Figura 85 – Utilização das anotações para a programação.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 86 – Caderno de anotações.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 87 – Revisão do algoritmo de programação.

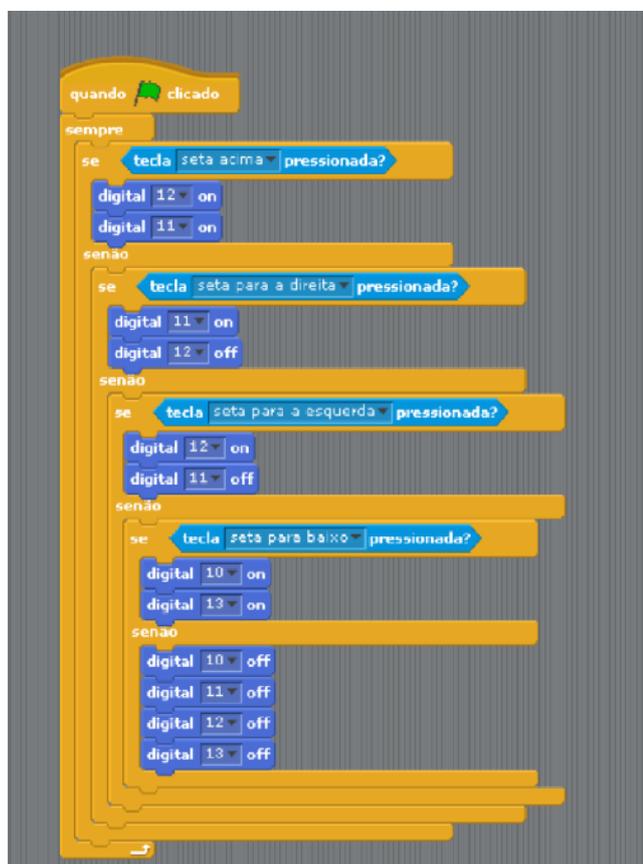


Fonte: Arquivo pessoal.

Após análises minuciosas conseguiram detectar um erro de sintaxe, faltava acrescentar um bloco de programação. Um dos componentes da equipe, Artur, havia

informado da necessidade em se colocar o loop na sintaxe, porém, segundo ele, fora ignorado pelos demais. Sendo ouvido posteriormente.

Figura 88 – Sintaxe de programação para o movimento direcional.



Fonte: Print do software S4A.

Na segunda tentativa, a base direcional funcionou, obedecendo aos comandos da sintaxe corrigida, figura 88, porém, observaram que estava muito lenta. Começaram a analisar cada linha de programação a partir dos movimentos de cada roda da base direcional. Observaram que um dos motores estava girando de forma contrária ao motor oposto, o que gerou outras discussões a respeito da sintaxe e das conexões do Arduino. Após análises, chegaram à conclusão de que o problema não estava na programação e sim no hardware, figura 89. Várias tentativas foram feitas, mudanças na posição dos fios do motor na placa, Ponte H, porém, sem sucesso. Depois tiveram um insight de que a polaridade do motor de um dos lados estava invertida, observadas pela posição das cores dos fios; removeram a solda e fizeram o reparo, conseguindo o perfeito funcionamento da base direcional, figuras 90 e 91.

Figura 89 – Testes dos componentes Arduinos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 90 – Reparo realizado para o terceiro teste.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 91 – Movimento direcional funcionando.



Fonte: Arquivo pessoal.

Durante a acoplagem do corpo robótico às pernas, a equipe teve problemas de previsão quanto ao volume e peso que a base direcional pudesse comportar, ocasionado, dentre outros motivos, devido à falta de diálogo com as outras equipes, o que tornou o movimento do robô lento. O professor instigou os alunos às causas do problema, obtendo como resposta, que as rodas de tampas e eixos plásticos, assim como a base de papelão frágeis ao peso, reduziram a locomoção do robô.

No final do projeto um dos membros da equipe perguntou como faria para conseguir uma placa controladora e que tinha a intenção de programar um mini avião e um mini barco via bluetooth, demonstrando, claramente, indícios ao Pensamento Computacional. Anotei pra ele os principais sites de compras dos componentes e de cursos de Arduino para pequenos projetos.

A programação e o manuseio com o computador, para o movimento direcional, foram realizados por três membros da equipe, Artur, Jonas e Eldison, os quais, apesar de terem pouco conhecimento com o computador, conseguiram desenvolver as atividades sem dificuldades.

Quanto a avaliação do experimento, as observações foram realizadas a partir das variáveis:

Variável de Clima: Todos os membros da equipe participaram e estavam comprometidos a construir o protótipo sugerido, perna robótica. Não mediram esforços em conseguir os motores da sucata, bem como de realizar as soldas necessárias para o funcionamento. Na programação observou-se o desempenho, a troca de ideias e o interesse em realizar o movimento direcional do protótipo, com várias tentativas e debates entre os membros do grupo.

Variável Aprendizagem: Os estudantes embora tenham utilizado um sólido geométrico, Paralelepípedo retângulo, já construído, conseguiram reconhecer que o protótipo sugerido pelo professor era semelhante às caixas de creme dental, e, com a análise de cada face, conseguiram descrever suas medidas de comprimento e áreas. No uso da placa arduino, os estudantes realizaram as conexões de forma correta, analisando e fazendo anotações das portas e voltagens utilizadas. E, quanto a programação, através de debates e tentativas, conseguiram desenvolver a sintaxe correta para o movimento direcional do protótipo, demonstrando habilidades e estratégias para o desenvolvimento pleno do algoritmo.

9.1.3 - Experimento 3 – Tronco Robótico.

I - O tronco deverá ter o mesmo formato dos braços, porém, com comprimento e largura diferentes (maiores).

II - Acoplar leds individuais, de mesma cor, ligados em cada face do sólido, leds de mesma cor, diferentes das faces, ligados nas arestas do sólido e leds diferentes dos demais e de mesma cor ligados nos vértices.

III - Programação para acionamento dos leds.

A equipe do tronco, formada por 07 componentes, iniciou sua construção reunindo restos de caixas de papelão, as quais foram desfeitas para a construção do formato sugerido, figuras 92 e 93, discutido juntamente com a equipe dos braços, que apresentavam o mesmo formato (Prisma quadrangular regular), porém, com proporções menores. Fizeram o revestimento com folhas de papel A4, cedidas pela escola. Todos os membros participaram da construção, de forma direta (com recortes e medições) ou indireta (dando ideias e debatendo sobre as medidas). Algumas dúvidas surgiram referentes a posição das fiações elétricas do robô, as quais foram orientadas pelo professor de física.

Figura 92 – Caixas de papelão.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 93 – Caixa desfeita para o formato sugerido.



Fonte: Arquivo pessoal.

A Equipe fez as anotações de cada medida do sólido construído, utilizando uma pequena trena, figura 94. Houve alguns debates a respeito das medidas dos ângulos e dos comprimentos das Faces. Alguns recortes não haviam ficado com a mesma medida, ou ainda, segundo eles, “ficaram tortos”, conforme quadro 18, ou seja, os ângulos não estavam retos. Refizeram até que se aproximasse do sugerido.

Quadro 18 – Diálogo sobre as medidas do sólido.

Vitor – “Leticia você não está vendo que isso tá torto”.

Rosiane – “Os 04 ângulos da base têm que ser retos!”

Vitor – “Vai ter que refazer senão vai dá tudo errado! Todos os retângulos tem que ter os ângulos retos”.

Leticia – “Tudo bem, me dá outro pedaço de caixa”.

Rutiele – “Não vai esquecer de que nosso Prisma tem dois quadrados e quatro retângulos iguais.

Fonte: Autor.

O debate entre os componentes da equipe em se manter as faces retangulares e a distinção das faces laterais com as faces das bases, demonstrou indícios de aprendizagem, quanto a planificação de um Prisma quadrangular regular e seu formato, próprias do Construcionismo, onde o conhecimento quando integrado num contexto de uso, pode-se aproveitar seu potencial de formação de conceito pela prática (PAPERT, 2007). Os cálculos das áreas, das superfícies de cada face, foram colocados em uma tabela conforme sugerido pelo professor, figura 95.

Figura 94 – Confeção do tronco.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 95 – Tabela de valores

Prisma Quadrangular Regular

	Comprimento	largura	Área
Face 1	25 cm	22 cm	550 cm ²
Face 2	25 cm	22 cm	550 cm ²
Face 3	25 cm	22 cm	550 cm ²
Face 4	25 cm	22 cm	550 cm ²
Face 5	22 cm	22 cm	484 cm ²
Face 6	22 cm	22 cm	484 cm ²

Fonte: Arquivo pessoal.

Para a acoplagem dos leds em seus vértices, faces e arestas foram utilizados leds de três cores, cedidos pelo professor, assim como a fiação para a montagem do circuito elétrico.

Durante a montagem a equipe perguntou se poderiam fazer apenas nos vértices frontais, afirmando que:

Vitor: “Se a gente colocar todos os leds que o Sr. pediu, o robô ficará igual a uma árvore de Natal”.

Aproveitando a indagação da equipe, o professor aproveitou a ocasião e solicitou que eles separassem, por cores, a quantidade de leds que levariam nos vértices, nas faces e nas arestas do sólido construído. O grupo reuniu-se e realizaram a tarefa sem dificuldades. A partir das cores separadas, orientou-se que buscassem uma relação de igualdade entre as quantidades de cores encontradas, entretanto, ficaram sem entender muito a tarefa, daí orientou-se que separassem as quantidades de leds das faces e dos vértices para um lado e separassem a quantidade de leds das Arestas para o outro e indagou-se:

Professor Denis - “O que se pode fazer para que estas quantidades fiquem iguais?”.

Um dos membros respondeu:

Leticia - “É só colocar mais dois leds”.

Com a resposta e considerando o desempenho, as discussões e o apoio a outros grupos, adotou-se por acatar a solicitação, porém, que fizessem as anotações das quantidades que iriam utilizar de leds nas arestas, nas faces e nos vértices, bem como da relação de igualdade encontrada.

Durante a montagem do circuito, houve alguns debates, entre os membros da equipe, quanto ao uso ou não dos resistores e da protoboard, reiterado pelo professor de física durante a oficina de robótica. O grupo já estava ciente de que deveriam fazer o acionamento dos leds todos de uma só vez, a questão seria que tipo de ligação fariam, série ou paralelo. Com algumas anotações, da oficina de robótica, um dos membros sugeriu que fosse em paralelo, pois, segundo ele, todos os leds utilizariam a mesma voltagem, e, caso um desse problema, não atingiria os outros. Com isso, todos os leds foram ligados num circuito em paralelo e colocados nos vértices frontais do tronco, figuras 96, 97 e 98, a partir dos conceitos de eletricidade ministrados nas aulas de física e reforçados durante a oficina pelo respectivo professor (1ª Lei de Ohm, resistor equivalente e circuitos divisores de tensão).

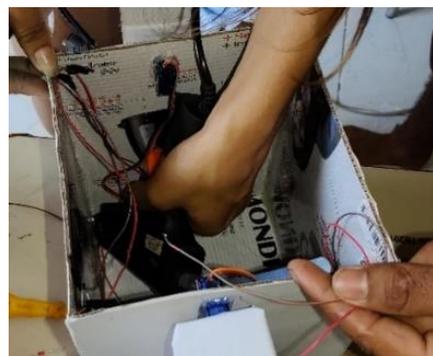
Após o circuito construído, fizeram os testes com algumas baterias e com o uso do multímetro (apresentado a eles durante a oficina).

Figura 96 – Circuito em paralelo.



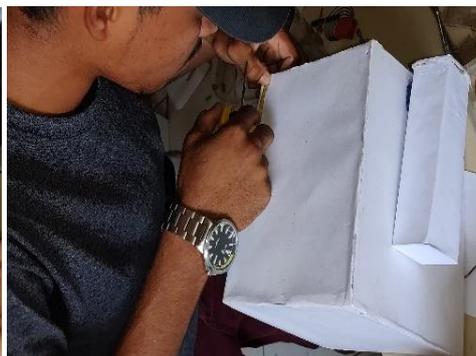
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 97 – Acoplagem dos leds nos vértices.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 98 – Posicionamento dos leds.



Fonte: Arquivo pessoal.

Com o circuito pronto, os estudantes solicitaram o computador para a programação dos leds referentes aos vértices frontais, juntamente com placa Arduino. De posse da placa controladora, observaram que a mesma possuía uma saída de 3,3V, conforme figura 99, o que gerou dúvidas em o porquê de utilizarem os resistores.

Figura 99 – Análise da placa arduino.



Fonte: Arquivo pessoal.

Foram até o professor de matemática e de física com o seguinte questionamento.

Leticia: “Por que não podemos ligar os 4 leds direto na placa, já que ela possuía uma saída de 3,3V?”

Professor Denis: “Não tem como programar na saída de 3,3V, apenas na saída serial que fornece 5V”.

Houve um diálogo entre o professor de física e a equipe, acompanhado por alguns membros das outras equipes, conforme quadro 19:

Quadro 19 – Diálogo sobre a tensão correta a ser utilizada.

Professor Emerson: “Qual a voltagem de cada led?”

Leticia: “3 V”

Professor Emerson: O que acontece se ligarmos um aparelho em uma voltagem maior que a dele?

Rosiane: Vai queimar.

Professor Emerson: Exatamente... embora pequena a diferença, com o uso direto poderá vir a queimar os leds.

Leticia - E se for somente para piscar, vai queimar também?

Professor Emerson - Não, como a diferença é pequena o simples piscar não será suficiente para que queimem, mas o correto sempre é usar o resistor.

Fonte: Professor Emerson de Física.

Os estudantes foram questionados sobre o porquê de não quererem utilizar os resistores, já que sabiam da necessidade, os quais responderam:

Leticia: “É mais fácil, e fica menos material em cima da base”.

Rosiane: “Para usar o resistor na protoboard, pode acabar soltando quando o robô se mover”.

Com várias discussões e questionamentos, conseguiram desenvolver a atividade com os leds ligados em paralelo, acionados para piscar por um botão, figuras 100 e 101, e ligados sem o resistor, figura 102.

Figura 100 – Programação para ligação dos leds.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 101 – Sintaxe programada pelos estudantes para acionar os leds.



Fonte: Print do software S4A.

Figura 102 – leds ligados direto na placa.



Fonte: Arquivo pessoal.

Durante a programação não houve muitas dificuldades, apenas algumas dúvidas quanto ao uso do menu sensor, porém, corrigidos por um dos membros da equipe, o qual havia anotado no caderno a função de cada menu.

Rutiele: “sempre que precisarmos mandar informação pro robô por algum botão, temos que ir no menu sensores”.

Após a programação a equipe levou o tronco a juntar-se com as equipes da cabeça, figuras 103 e 104, pois necessitavam conversar a respeito do pescoço.

Figura 103 – Junção do corpo com a cabeça.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 104 – Posicionamento entre cabeça e tronco.



Fonte: Arquivo pessoal.

A programação e o manuseio com o computador foram realizados por duas estudantes, Leticia e Rutiele, as quais demonstraram ter conhecimentos de informática.

Durante a apresentação, a equipe relatou o porquê de não usarem os leds todos, o não uso dos resistores, bem como expuseram as quantidades de Faces, Vértices e Arestas encontradas no sólido construído.

Quanto a avaliação do experimento, duas variáveis foram analisadas:

Variável de Clima: Todos os membros da equipe participaram e estavam comprometidos a construir o protótipo sugerido, tronco robótico, pelo qual, a partir da desconstrução de uma caixa de papelão, puderam debater a respeito das medidas planejadas e construção do Prisma Quadrangular Regular. Não mediram esforços em montar o circuito elétrico, com ligação em paralelo, supervisionado pelo professor de física. Houve troca de informações com a equipe dos braços, mesmo formato geométrico, e debates entre os membros da equipe a respeito da programação para acionamento dos leds.

Variável Aprendizagem: Os estudantes conseguiram construir o sólido geométrico sugerido, Prisma quadrangular regular, reconhecendo que deveriam ter o mesmo formato dos braços, respeitando o aumento nas dimensões, os ângulos retos de cada face, suas medidas de comprimento e áreas, assim como, conseguiram analisar o número de faces, vértices e arestas do sólido construído. Na montagem do circuito, conseguiram distinguir as ligações em série e paralelo. E, durante a programação, através de debates e tentativas, conseguiram desenvolver a sintaxe

correta para o acionamento dos leds localizados nos vértices do protótipo, demonstrando habilidades e disposição durante a execução.

9.1.4 - Experimento 4 – Cabeça Robótica.

I - A cabeça deverá ter o formato diferente do tronco e dos membros.

II - Cabeça (Acoplar 02 leds, de mesma cor, ligados com um fio de cobre, na posição do olho robótico e um servo motor na posição do pescoço);

III - Programação para o movimento da cabeça e ligação dos leds direto na placa.

A equipe da cabeça, formada por 03 componentes, tinha como responsabilidade construir um sólido geométrico retangular diferente do formato do corpo e dos membros. Após percorrerem os outros grupos, realizaram várias discussões e iniciaram a construção do que haviam entendido. Realizaram todos os cortes, das seis faces. No entanto o professor observou que, apesar das medições com o uso de uma régua, figura 105, as faces não estavam no formato que deveriam ser, quadradas, havendo a necessidade de intervenção à equipe, a qual foi informada de que o formato do sólido deles iria ficar semelhante ao da equipe das pernas, um paralelepípedo retângulo. Com isso, um dos membros da equipe perguntou:

Fabrício - “Como assim formato professor?”

Com a pergunta o professor pode observar que havia ocorrido um equívoco a respeito do conceito de “formas” ou “formatos”, impossibilitando a construção da equipe. Desta forma, teve que detalhar, especificamente, que se tratava das formas de cada face, exemplificando a partir dos formatos já construídos pelas outras equipes, levando-os a concluir que o formato que restara seria aquele cujas faces são todas quadradas.

Quadro 20 – Diálogo sobre a construção do cubo.

Fabrício – “Então as faces vão ser todas iguais!”

Professor Denis – “Isso mesmo”.

Daiana – “Todas as áreas vão ser iguais também.”

Daniele – “É só recortar 06 quadrados”.

Fonte: Autor.

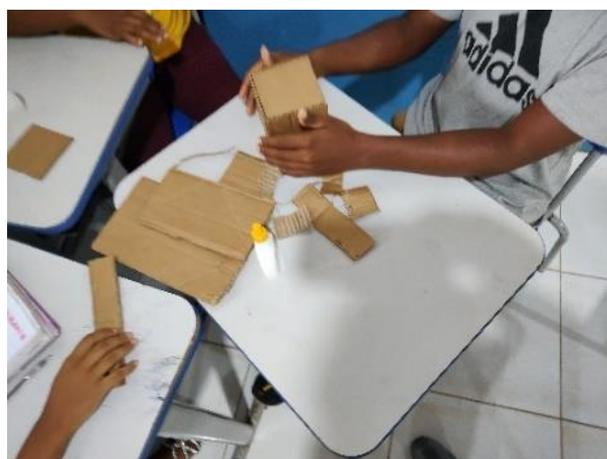
Desta forma, tiveram que reduzir uma parte das faces já construídas afim de adequá-las a forma e medidas corretas, figura 106, escrevendo os resultados em uma tabela conforme solicitado, figura 107.

Figura 105 – Confecção da Cabeça robótica.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 106 – Cabeça robótica.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 107 – Medidas da cabeça robótica.

TABELA

	Comprimento	largura	Área
Face=1	30	30	300
Face=2	30	30	300
Face=3	30	30	300
Face=4	30	30	300
Face=5	30	30	300
Face=6	30	30	300

Tabela

Faces	Comprimento	largura	Área
Face=1	30	30	300
Face=2	30	30	300
Face=3	30	30	300
Face=4	30	30	300
Face=5	30	30	300
Face=6	30	30	300

Fabrícia Cardoso
DANIELE NAYRA S. DA TRINDADE
Raizoma Pereira Jandrus

Fonte: Foto da aplicação.

As colocações sobre o formato das faces, quadradas, o número de faces iguais, assim como, a percepção de que as áreas seriam todas iguais, demonstraram que houve entendimento e, conseqüentemente aprendizagem, quanto a planificação, formato e cálculo das áreas da superfície de cada face do Cubo.

Embora, tenham entendido a atividade e sua construção, quanto às medidas das dimensões e áreas iguais, ao repassarem para a tabela, talvez com o intuito de terminar logo, saíram repetindo a mesma medida e acabaram por esquecer uma das faces, conforme figura 107. Observou-se ainda que omitiram as unidades de medidas utilizadas, o que foi observado junto a equipe após o projeto.

A face da base inferior ficou aberta para manuseio e instalação do circuito elétrico pertencentes aos os olhos robóticos, pelos quais foram utilizados dois leds ligados em paralelo, conforme anotações feitas por um dos membros da equipe, referente a oficina, com fiação saindo por trás da cabeça e ligados à saída de 3,3V da placa. Durante a montagem do circuito, a equipe teve ajuda de dois membros de outras equipes, um estudante da equipe dos braços, Arnaldo, e uma estudante da equipe do tronco, Rutiele, figuras 108 e 109, que ajudaram no manuseio da solda e na discussão quanto a ligação em paralelo, figura 110.

Figura 108 – Ligação dos leds em paralelo.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 109 – Solda do circuito em paralelo.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 110 – Circuito da cabeça robótica com os olhos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Como não houve sugestão quanto ao formato do pescoço, os alunos resolveram colocar um pescoço de papelão com formato cilíndrico retirado de um rolo do papel, figura 111, o qual fora colocado, juntamente com o servomotor, à base inferior da cabeça, figura 112, com medidas e cortes preparados para serem acoplados ao corpo robótico.

Figura 111 – Pescoço em formato Cilíndrico.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 112 – Acoplagem do pescoço e saída do circuito.



Fonte: Arquivo pessoal.

Solicitaram a placa Arduino para as conexões dos jumpers e o computador para que pudessem realizar a programação do movimento da cabeça. Com a ajuda de alguns colegas de outros grupos, tronco e braços, conectaram as portas direcionadas à placa Arduino, figura 113, passando, em seguida, para a programação. A princípio ficaram sem saber como iniciar, entretanto, uma estudante, Jamily, da equipe dos braços os ajudou:

Jamily: “Sempre inicia indo no menu controle”.

O professor pediu que clicassem em todos os menus do S4A para que lembrassem do que tinham visto na oficina de robótica.

Revisando algumas anotações, passaram a colocar a sintaxe de movimento dos motores, figura 114.

Figura 113 – Conexão dos jumpers da cabeça à placa arduino.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 114 – Programação para o movimento da cabeça.



Fonte: Arquivo pessoal.

Com a sintaxe descrita, o movimento da cabeça parecia não se mover. Ficaram em dúvida se haviam colocado o movimento correto, pois como tinham itens em inglês, “clockwise” e “anticlockwise”, queriam saber a tradução. O professor sugeriu que poderiam fazer testes e observar como seriam os movimentos, mas colocando um controle de tempo. Como a equipe dos braços havia passado pelo mesmo problema, um de seus membros, Jamily, que observava a programação, sugeriu que testassem um temporizador na sintaxe de programação, figura 115, e, após alguns testes, conseguiram o funcionamento correto, com movimentos na cabeça no sentido horário e anti-horário. Perguntados sobre o que havia ocorrido, responderam:

Daiana - “O motor estava girando rápido demais e deslizando no papelão”.

Figura 115 – Sintaxe para o movimento da cabeça.



Fonte: Print do software S4A.

A programação e o manuseio com o computador foram realizados por apenas um membro da equipe, Daiana.

Após a programação a cabeça foi levada para acoplamento junto ao tronco, e, por conseguinte, levado às pernas para a exposição e detalhamento de cada protótipo construído, figura 116, juntamente com as medidas geométricas encontradas.

Figura 116 – Acoplamento entre cabeça, tronco e pernas.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 117 – Protótipo robô direcional construído.



Fonte: Arquivo pessoal.

Com a construção de cada protótipo até a montagem final do robô, figura 117, observou-se entre os estudantes a liberdade de expressão (nenhum estudante foi reprimido a falar ou a testar suas ideias), o incentivo à troca de ideias (a interação ente os membros da equipe e entre as equipes foram constantes) e à criatividade (PAPERT, 1990).

Quanto a avaliação, observou-se:

Variável de Clima: Todos os membros da equipe participaram e estavam comprometidos a construir o protótipo sugerido, cabeça robótica. Não mediram esforços na montagem do circuito elétrico referente aos olhos robóticos e na montagem do servo motor, referente ao pescoço. Tanto no circuito quanto na montagem do servo, houve grande envolvimento dos membros da equipe, com discussões e debates a respeito da ligação do circuito na placa controladora, inclusive com a participação de membros de outras equipes. Na programação observou-se a participação de todos os componentes e de outras equipes, com debates no algoritmo para o acionamento dos olhos e da cabeça.

Variável Aprendizagem: Os estudantes conseguiram construir o sólido geométrico, Cubo, respeitando os ângulos retos de cada face, com algumas interações com o professor a respeito de equívocos durante o processo, descrevendo suas medidas de comprimento e áreas, conforme Figura, bem como a montagem do circuito em paralelo supervisionado pelo professor de física. Na programação, através de debates e tentativas, conseguiram desenvolver a sintaxe correta para o acionamento do leds e a sintaxe para o funcionamento do pescoço robótico, ambas com o apoio e sugestões de membros de outras equipes, que, fazendo analogias aos protótipos já criados, demonstraram habilidades e disposição a execução do algoritmo.

Toda interação realizada durante o experimento foi analítica, onde o professor estava ciente do processo, e, a cada questionamento ou dúvidas, aproveitava para inserir ou revisar conhecimentos relacionados à geometria, esquecidos ou suprimidos em séries passadas, tais como: medidas de comprimento, ângulos e cálculo de área.

Algumas variáveis denominadas por Collins et al. (2004) como sistêmicas foram observadas durante a aplicação do experimento, tais como: A falta de um laboratório de informática nas escolas do município, tanto da rede estadual quanto da rede municipal, o que levou os professores a cederem seus laptops para o experimento; e,

o custo das placas controladoras e componentes, pelos quais foram utilizados dois kits Arduinos comprados pelo professor, sendo, portanto, utilizado estratégias, formação de grupos, para que todos os estudantes participassem do experimento.

Outros fatores, consideradas variáveis independentes, influenciaram na carga horária da aplicação do experimento como: distância da casa dos estudantes à escola – Todos os estudantes dependiam de transporte escolar para chegar à escola, que fica em média 10 quilômetros de distância. Alguns alunos se ausentaram no dia do experimento e tiveram que vir no turno da manhã, do dia seguinte, para realizar suas atividades e posterior exposição no turno da tarde.

Durante as apresentações o professor questionou a respeito de cada parte do sólido, procurando fixar junto às equipes cada elemento dos Prismas Retos construídos: Faces, Arestas e Vértices, bem como a relação de Euler, a qual foi colocada no quadro branco.

Com as apresentações as equipes foram indagadas a respeito de suas construções, apontando que embora todos tivessem faces retangulares, seus formatos poderiam ser diferentes, o que permitiu a curiosidade entre eles quanto aos seus sólidos construídos e, em seguida, fora realizada a exposição pelo professor da definição de Prismas Retos, bem como as nomenclaturas de cada formato, protótipo, construído.

Uma vez definido o conceito de Prisma, o professor definiu o conceito de volume a partir das medidas de cada tabela descrita pelos alunos, mostrando que o produto de uma das áreas por mais uma dimensão daria o volume dos sólidos geométricos construídos.

Após análise do experimento detectou-se alguns problemas passíveis de modificação:

- Definição coerente das nomenclaturas referentes as ideias de medidas, formatos e ângulos, bem como das ferramentas de medição.
- Definição da ideia de dimensão e proporção, com exemplos práticos do dia-a-dia.
- Direcionar os estudantes a uma medida específica de cada sólido construído.
- Promover a empatia e a interação entre todos os estudantes, possibilitando a melhor troca de ideias entre os grupos.

- A relação de Euler deverá ser explorada por todos e não apenas pela equipe do tronco.
- O circuito do tronco deverá conter leds apenas em seus vértices frontais.
- O circuito elétrico dos olhos deverá ser ligado ao circuito do tronco.
- O movimento da cabeça deverá seguir intervalos de 45°.

9.2 - ESCOLA 2 – Escola Municipal Adenor Marques.

Localizada no espaço rural de Concórdia do Pará, à 44 quilômetros do município, a escola pertencente a comunidade do JUTAÍ - Vila Bom Fim, a qual fica na divisa com os municípios de Bujaru e São Domingo do Capim. As aulas funcionam nos três turnos, sendo que o Ensino Médio é ofertado através do SOME por meio da Secretaria Estadual de Ensino do Pará – SEDUC/PA, apenas no turno da Noite.

A escola apresenta estrutura física boa, porém, sem laboratórios de informática, sem biblioteca ou salas disponíveis para atividades extracurriculares. Dispõe de internet, mas com baixa velocidade. O ingresso dos alunos na universidade se dá através do Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM, com apenas 09 alunos inscritos, ENEM - 2022. A comunidade, vive, em geral, do cultivo da mandioca, do açaí e da produção de farinha, com pequenos mercadinhos locais, e, várias residências com acesso à internet.

O projeto foi apresentado à turma do terceiro ano como parte curricular do conteúdo de Prismas Retos, em matemática, assim como do conteúdo “eletricidade”, em Física, o que possibilitou o trabalho integrado das duas disciplinas para o desenvolvimento do mesmo.

A turma composta por 16 alunos com faixa etária de 17 a 20 anos, foi dividida em 04 grupos, afim de desenvolverem atividades específicas voltadas ao conteúdo de Geometria Espacial - Estudo dos Prismas Retos.

Como no Design anterior, o primeiro encontro contou com exposição do projeto, bem como o direcionamento do modelo robótico específico, atendendo ao conteúdo matemático pretendido, Prismas Retos.

Houve a exposição do projeto, pelo professor, através do quadro branco e por meio de Datashow, figuras 118 e 119, assim como o desenvolvimento da oficina de robótica pedagógica, pela equipe do SOME, conforme apresentado no primeiro experimento, porém, com algumas modificações no desenvolvimento do protótipo,

conforme o design Experiments. Desta vez o professor passou a direcionar o protótipo a um formato específico, discutindo as medidas juntamente com todas as equipes, figura 120, com o intuito de sanar qualquer problema relacionado a formas e/ou proporção, ou mesmo de interação entre as equipes. Possibilitando, como consequência da modificação, avaliar se as medidas e formatos acertados seriam cumpridos de acordo com o recomendado.

Figura 118 – Exposição do projeto.



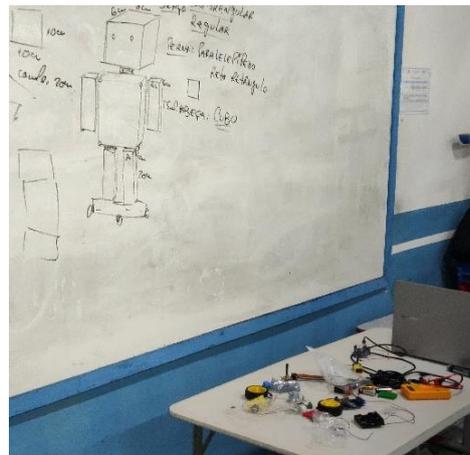
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 119 – Oficina de Robótica.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 120 – Esboço com as medidas e formatos a serem seguidos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Desta forma, as equipes foram direcionadas a construírem um robô com as características do primeiro experimento, formato de Prismas Retos, porém, obedecendo as seguintes recomendações:

- Cabeça Robótica: Deverá ter o formato de Cubo com aresta medindo 6cm.
- Tronco Robótico: Deverá ter o formato de um Paralelepípedo reto retângulo com medidas da base 10 cm de largura por 16cm de comprimento e altura 20cm.
- Braços Robóticos: Deverão ter o formato de Prisma Quadrangular Regular com a base medindo 4cm de aresta e altura 20cm.
- Pernas Robóticas: Deverão ter o mesmo formato do tronco, porém, com medidas da base 3cm de largura por 4cm de comprimento, e altura 20cm.

Conforme o primeiro experimento e, a partir da variável aprendizagem, do Design Experiments, foi realizado o teste de sondagem, de 11 questões, com as mesmas referências do 1º experimento: conceitos da geometria plana e espacial, estratégias e operações, remetentes ao estudo dos Prismas Retos.

As questões foram direcionadas dentro de uma sequência didática: reconhecimento da figura plana pretendida (retângulo), área de suas superfícies, problemas, reconhecimento do sólido geométrico - Prismas Retos e seus elementos.

A primeira questão buscou saber se os estudantes conseguiam reconhecer um retângulo, buscando o entendimento visual e conceitual.

Quadro 21 – Reconhecimento de um retângulo.

QUESTÃO 01	ITENS MARCADOS			
01 – Nos polígonos abaixo, identifique aqueles que representam retângulos.	A, E	A, D, E	A	A, C, E
a) <input checked="" type="checkbox"/>  b) <input type="checkbox"/>  c) <input type="checkbox"/>  d) <input checked="" type="checkbox"/>  e) <input type="checkbox"/> 	07	01	06	02

Fonte: Pesquisa de Campo.

A partir dos dados coletados, quadro 21, percebeu-se que a maioria dos alunos apresentavam a ideia do que seria um retângulo, justificado pelos 16 apontamentos ao item A, com apenas 01 estudante demonstrando desconhecimento ou confusão, justificado pelo apontamento ao item D. Os outros apontamentos revelaram desconhecimento conceitual ou possíveis Equívocos quanto às formas, justificada pelos apontamentos, individual, ao item A, 06 estudantes, e aos itens A, C, E, 02 estudantes.

Nas questões voltadas ao cálculo de área:

Quadro 22 – Cálculo de áreas em superfícies retangulares.

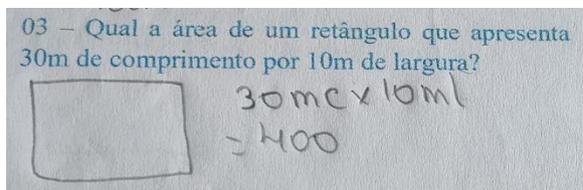
QUESTÕES	RESPOSTAS		
	ACERTOS	ERROS	BRANCO
03 – Qual a área de um retângulo que apresenta 30m de comprimento por 10m de largura?	12	04	00
04 – Determine a área da superfície de um quadrado com medida do comprimento igual a 6cm.	13	03	00

Fonte: Pesquisa de Campo.

Ao observar o quadro 22, percebeu-se que a maioria possuía a ideia do cálculo de área, justificada pela quantidade de acertos nas questões 03 e 04. Observou-se

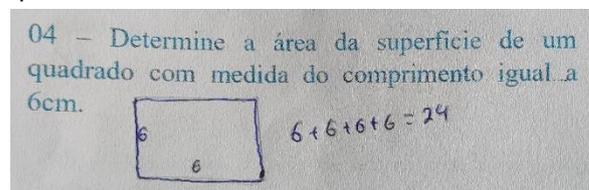
ainda que os que erraram apresentavam erros de operações aritméticas e/ou falta de entendimento do cálculo de área, conforme figuras 121 e 122.

Figura 121 – Cálculo da área do retângulo.



Fonte: Recorte do teste.

Figura 122 – Cálculo da área do retângulo quadrado.



Fonte: Recorte do teste.

Vale ressaltar, ainda, que, dos 16 estudantes do terceiro ano, apenas 03 sabiam utilizar as unidades de medida corretas.

No quesito, conhecer o cálculo de áreas dentro de problemas, resultaram-se:

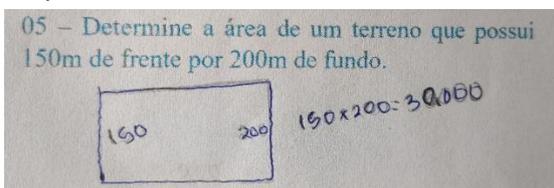
Quadro 23 – Problemas com áreas de superfícies retangulares.

QUESTÕES	RESPOSTAS		
	ACERTOS	ERROS	BRANCO
05 – Determine a área de um terreno que possui 150m de frente por 200m de fundo.	08	07	01
06 – Uma pessoa deseja revestir o pátio de sua casa, de medidas: 3 m de largura por 2 m de comprimento. Sem considerar os desperdícios de lajotas, quantos m ² de revestimento serão necessários?	09	07	00

Fonte: Pesquisa de Campo.

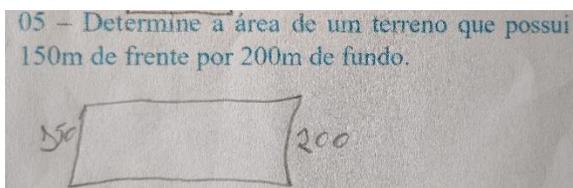
Os resultados obtidos, revelaram que quase a metade da turma conseguiram transcrever um problema para a linguagem matemática e resolvê-la, justificada nas questões 05 e 06, com 08 e 09 acertos, respectivamente. Observou-se ainda que o item 05, causou equívocos em pelo menos 04 estudantes, apesar de 03 utilizarem a operação correta para o cálculo da área, conforme figuras 123 e 124, e, com apenas 01 não conseguindo resolvê-la, o que justificou a necessidade, já suspeitada no experimento 01, em tornar a questão mais coesa.

Figura 123 – Problema envolvendo áreas: resposta 1.



Fonte: Recorte do teste.

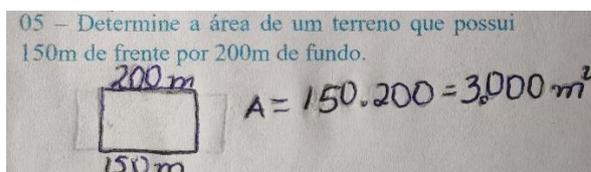
Figura 124 – Problema envolvendo áreas: resposta 2.



Fonte: Recorte do teste.

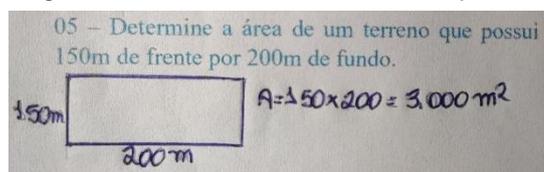
Ressalta-se ainda que alguns erros ocorreram pela falta de um zero no resultado, não podendo, pela quantidade de questões, saber se foi descuido ou erro operacional, conforme figuras 125 e 126.

Figura 125 – Erros ou descuidos: resposta 1.



Fonte: Recorte do teste.

Figura 126 – Erros ou descuidos: resposta 2.



Fonte: Recorte do teste.

Quanto às questões voltadas aos sólidos geométricos, considerando a preocupação a respeito do reconhecimento e dos elementos do Prisma regular, nas questões 10 e 11, obteve-se:

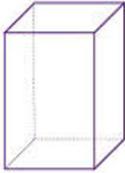
Quadro 24 – Reconhecimento de Prismas Retos.

QUESTÃO 10	ITENS MARCADOS					
	A,C	D,E	C,D,E	A,C,E	A,E	C,E
<p>10 – Nos sólidos abaixo, identifique aqueles que representam um prisma.</p>	04	05	01	02	03	01

Fonte: Pesquisa de Campo.

Com os resultados do Quadro 24, constatou-se que a maioria não tinha a ideia ou conceito de Prisma, justificada pela quantidade de resposta dada ao item B, o qual não foi mencionado nenhuma vez, e a quantidade de resposta dada ao item E, 12 estudantes.

Quadro 25 – Elementos de um Prisma.

QUESTÃO 11	Nº DE ESTUDANTES			
	ELEMENTOS	ACERTOS	ERROS	BRANCO
11 – No Sólido geométrico abaixo indique o número de: Faces, Arestas e Vértices.  Faces: <input type="text"/> Arestas: <input type="text"/> Vértices: <input type="text"/>	FACES	06	06	03
	ARESTAS	07	06	03
	VÉRTICES	10	03	03

Fonte: Pesquisa de Campo.

Ao referir-se aos elementos do Prisma, quadro 25, observou-se, através dos dados, que apenas 06 estudantes conseguiram informar, corretamente, todos os elementos do sólido questionado. Além de apresentar 04 estudantes apenas com a noção de vértice. O número de informação em branco, indica que estes estudantes desconheciam totalmente tais elementos, revelando uma deficiência na abordagem deste tipo de conteúdo, elementos de um poliedro.

Desta forma, a partir dos resultados acima citados, aplicou-se o experimento com foco nas principais deficiências encontradas, com o intuito de saná-las à medida que se avalia as potencialidades do projeto para a aprendizagem do conteúdo, Prismas Reto.

APLICAÇÃO DO PROJETO

9.2.1 - Experimento 1 – Braços Robóticos.

I - Os dois braços devem ter o formato de Prisma Quadrangular Regular com medidas 4cm por 4cm de aresta da base e altura 20cm.

II – Algoritmo para o Movimento dos Braços (de 0° à 45°);

III – Programação para Movimento dos Braços (de 0° à 45°);

A equipe dos braços era formada por 04 componentes. Utilizando restos de caixas e uma régua realizaram a construção obedecendo as medidas sugeridas pelo professor. Os diálogos ocorridos inicialmente foram voltados ao que seria a aresta e formatos das faces:

Quadro 26 – Diálogo sobre a construção do braço robótico.

Redivan - “Alguém sabe o que é aresta?”.

Erivelton - “são as linhas do Prisma”.

Douglas - “Se a base vai ser 04cm por 04 cm então todos os lados vão ser iguais”.

Erivelton - “Isso, vamos logo recortar todos os lados”.

Douglas - “Será que a parte de cima é base também”.

Erivelton - “Acho que sim senão não tem como fechar”.

Douglas - “Então vamos cortar as duas bases iguais e os lados serão 04 iguais”.

Fonte: Autor.

Com o diálogo o professor fez uma observação quanto a nomenclatura adequada dos elementos do Prisma, para utilizassem os termos: arestas, faces e vértices.

A equipe conseguiu, a partir dos diálogos, quadro 26, construir o braço robótico em formato de Prisma Quadrangular regular, a partir de cada face construída, com as respectivas medidas sugeridas, acompanhado ao cálculo das áreas de cada superfície plana, conforme figura 127, demonstrando apreensão ao conhecimento geométrico espacial.

Figura 127 – Tabela da aplicação.

	COMPRIMENTO	LARGURA	AREA
FACE 1	4cm	4cm	16cm
FACE 2	4cm	4cm	16cm
FACE 3	20cm	4cm	80cm
FACE 4	20cm	4cm	80cm
FACE 5	20cm	4cm	80cm
FACE 6	20cm	4cm	80cm

Fonte: Autor.

Com os braços robóticos construídos, figuras 128 e 129, os estudantes realizaram a acoplagem dos servomotores, figura 130, com observação à posição correta para o movimento sugerido.

Figura 128 – confecção dos braços robóticos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 129 – Medição dos braços robóticos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 130 – Acoplamento dos servomotores.



Fonte: Arquivo pessoal.

Uma vez o braço construído, solicitaram o computador e a placa arduino para a conexão e programação dos movimentos, figuras 131 e 132, a partir das observações e anotações realizadas durante a oficina de robótica.

As conexões à placa Arduino foram realizadas sem muita dificuldade, passando em seguida para a programação. Com o software aberto os estudantes passaram a discutir a respeito do uso dos menus, inclusive com membros de outras equipes, conforme quadro 27.

Quadro 27 – Diálogo sobre a programação do braço robótico.

Redivan – “Alguém tem onde inicia?”.

Erivelton – “No meu caderno tá que é em controle”.

Rosivan (tronco) – “Coloca primeiro a bandeirinha”.

Erivelton – “Ok, quem anotou os comandos trás aqui”

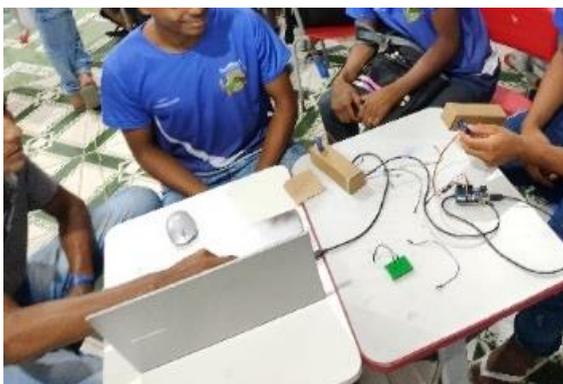
Fonte: Autor.

Os estudantes passaram à programação com alguns erros de sintaxe, esquecimento da ferramenta loop, além de vários testes relacionados aos ângulos e ao uso do temporizador. As dúvidas eram discutidas entre os membros do grupo, com pequenas intervenções do professor.

Professor Denis - “Tentem observar que vocês querem que o braço sempre faça este movimento...”

Após várias tentativas conseguiram a sintaxe para o movimento dos braços robóticos, utilizando a tecla “b” para o movimento sequencial dos mesmos, conforme figura 133.

Figura 131 – acoplagem da placa arduino.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 132 – Programação para movimento dos braços robóticos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 133 – Sintaxe para o movimento dos braços robóticos.



Fonte: Print do software S4A.

Ressalta-se que apenas dois membros da equipe, Erivelton e Allen, programaram e manusearam com o computador.

9.2.2 - Experimento 2 – Pernas Robóticas.

I - Deverá ter o mesmo formato do Tronco, porém, com medidas da base 3cm de largura por 4cm de comprimento, e altura 20cm.

II – O Movimento direcional das pernas deverá ser feito através de dois motores DC ligados à base de apoio arduino ou por motores reaproveitados da sucata, com base de sustentação artesanal e formato retangular.

III – Programação para o movimento direcional das Pernas.

A equipe das pernas, formada por 04 membros, desenvolveu a construção com o uso de uma régua e restos de papelão, figura 134, sem dificuldades. Apesar das medidas, reuniram-se com a equipe do tronco, para confirmar o formato a ser construído. Realizaram todas as medições, cortes e todos cálculos das áreas das faces, figura 135, com alguns diálogos durante a construção, conforme quadro 28.

Quadro 28 – Diálogo sobre a construção das pernas robóticas.

Roseane – Como agente vai fazer! são várias medidas!
Aline – “Vamos fazer primeiro as duas bases, depois agente mede a lateral”
Lailson – “Só vai ter dois lados iguais, dava pra recortar”.
Aline – “Vai dá mais trabalho pra colar, vamos recortar primeiro as bases”.

Fonte: Autor.

Com os diálogos, o professor aproveitou para frisar a respeito das nomenclaturas corretas dos elementos do prisma: Aresta, face e vértice.

Os estudantes demonstraram habilidade em construir o sólido a partir da planificação, com destaque para o entendimento a respeito das características do paralelepípedo retângulo.

Para os movimentos, optaram por utilizar a base direcional do kit arduino, figura 136, cedido pelo professor, a qual foi entregue desmontada.

Figura 134 – Construção das pernas robóticas.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 135 – Tabela com a aplicação.

22/11/2022

Paralelepípedo Retângulo

Face	Comprimento	Largura	Área
Face 01	4cm	3cm	12cm ²
Face 02	4cm	3cm	12cm ²
Face 03	20cm	4cm	80cm ²
Face 04	20cm	3cm	60cm ²
Face 05	20cm	4cm	80cm ²
Face 06	20cm	3cm	60cm ²

Equipe: Afine, Lailson, Roxane, Carlson

Fonte: Foto do projeto.

Figura 136 – Montagem da base direcional.



Fonte: Arquivo pessoal.

Com a base direcional montada, iniciaram as conexões na placa arduino, bem como na ponte H, conforme a oficina de robótica. Pediram o computador e iniciaram a programação. Conseguiram utilizar o software S4A, sem muita dificuldade. Houve pequenos equívocos no direcionamento serial de cada motor, havendo a necessidade de o professor intervir pedindo que observassem a posição das portas do motor A e motor B da ponte H para a placa Arduino. Com alguns diálogos, conseguiram realizar o movimento, porém, uma das rodas estava girando ao contrário. Após algumas análises, perguntaram ao professor, conforme quadro 29:

Quadro 29 – Diálogo a respeito das conexões.

Lailson - O que pode ser professor?

Professor: Façam a revisão na sintaxe e na placa.

Lailson “O fio pode ficar em um motor com o preto pra cima e no outro com o preto pra baixo”

Professor: “Você é quem tem que me dizer”.

Fonte: Autor.

Mudaram um dos fios do motor que estava invertido, figura 137, depois passaram a testar a programação, e, com algumas mudanças de sintaxe, conseguiram o movimento, porém, apenas para frente e para trás.

O professor os instigou sobre como fariam para que o movimento fosse direcional, deixando que pensassem a respeito, passando a buscar uma solução.

Aline - “E se colocássemos outro motor...”

Lailson - “O professor falou que era para usar apenas esse...”

Vale ressaltar que assim que o professor deixava uma atividade, o mesmo se dirigia à equipe mais próxima, com o intuito de coletar os diálogos sem que a equipe soubesse, evitando interferências no raciocínio dos estudantes.

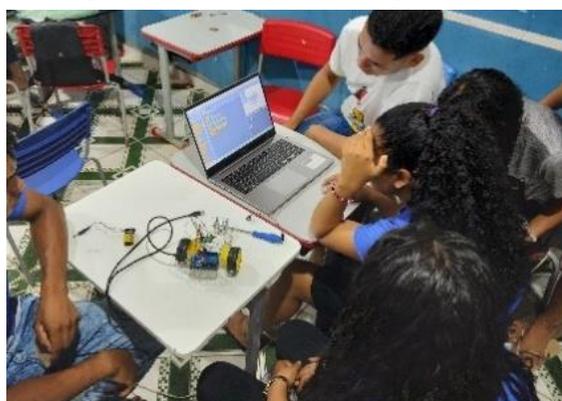
A partir da dificuldade em se chegar a uma solução, figura 138, o professor interveio no sentido de que eles tentassem parar apenas um motor durante os movimentos para frente e para trás. Daí ocorreu o entendimento de como fariam, inclusive com o apoio de dois membros de outra equipe, figura 139, passaram a descrever a sintaxe necessária para a programação e funcionamento da base direcional, figura 140.

Figura 137 – Teste dos jumpers



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 138 – Análise da programação



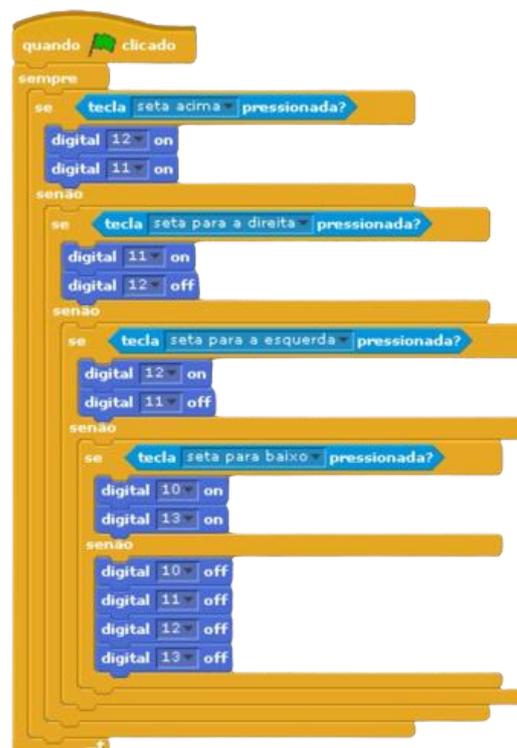
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 139 – Trabalho em conjunto para a Sintaxe do movimento direcional.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 140 – Sintaxe para o movimento direcional.



Fonte: Print do software S4A.

Apesar da participação todos, apenas dois membros da equipe fizeram uso do computador, Aline e Lailson, os quais demonstraram já possuírem habilidades em manuseá-lo, o que facilitou para o desenvolvimento da sintaxe.

9.2.3 - Experimento 3 – Tronco Robótico.

I - Deverá ter o formato de um Paralelepípedo reto retângulo com medidas da base 10 cm de largura por 16cm de comprimento e altura 20cm.

II - Acoplar leds individuais, de mesma cor, ligados nos vértices da face frontal do sólido.

III - Programação para acionamento dos leds.

A equipe do tronco, formada por 04 membros, iniciou sua construção reunindo restos de caixas de papelão, conforme figura 141, as quais foram desfeitas para a construção do formato sugerido, com o auxílio de uma régua. Houve alguns diálogos referentes as medidas das faces, conforme quadro 30:

Figura 141 – Construção do tronco.



Fonte: Arquivo pessoal.

Quadro 30 – Diálogo das estratégias para a construção do sólido.

Josiane – Vamos reunir as caixas e verificar a que mais se aproxima das medidas, daí só recortamos o excesso.

Márcia – Acho melhor agente recortar todos os lados e depois colar.

Jorgina – Vamos recortar as bases e depois a gente vê qual caixa fica melhor com elas.

Rosivan – Procura um papelão grosso que vai ter leds nos vértices da frente.

Fonte: Autor.

Com o diálogo, observou-se que a equipe conseguiu desenvolver as atividades sem muita dificuldade, construindo o sólido a partir das duas bases e as laterais com dobraduras em uma caixa de dimensões próximas a sugerida. Conseguiram localizar a posição dos leds, assim como, calcular as áreas das superfícies planas do sólido, figura 142. Durante todo processo a única orientação do professor foi a respeito das nomenclaturas dos elementos do Prisma.

Figura 142 – Tabela da Aplicação.

Face	Comprimento	Largura Área	Área
Face 01	16 cm	10 cm	160 cm ²
Face 02	20 cm	10 cm	200 cm ²
Face 03	20 cm	16 cm	320 cm ²
Face 04	20 cm	10 cm	200 cm ²
Face 05	20 cm	16 cm	320 cm ²
Face 06	16 cm	10 cm	160 cm ²

Fonte: Foto da aplicação.

Algumas dúvidas surgiram referentes a posição das fiações elétricas do robô, pelas quais o professor de física entrevistou, instigando-os sobre as ligações em série e paralelo. A equipe conseguiu desenvolver a atividade realizando os testes com duas pilhas alcalinas, figuras 143 e 144. E, em seguida, solicitaram o computador para a programação dos leds, pela qual, a partir das anotações feitas durante a oficina pedagógica, conseguiram desenvolver a sintaxe sem muitas dificuldades.

Figura 143 – Montagem do circuito em paralelo.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 144 – Instalação dos leds nos vértices do tronco.



Fonte: Arquivo pessoal.

Ressalta-se que a programação para acionamento dos leds foi realizada em conjunto com a equipe da cabeça, as quais utilizaram a mesma sintaxe para o acionamento dos olhos robóticos, com a utilização feita por dois membros, equipe da cabeça.

9.2.4 - Experimento 4 – Cabeça Robótica.

I - A cabeça deverá ter o formato de um cubo com aresta medindo 6cm

II - Cabeça (Acoplar 02 leds, de mesma cor, ligados com um fio de cobre, na posição do olho robótico e um servo motor na posição do pescoço);

III - Programação para o movimento da cabeça de 0° a 45° e programação para o acionamento dos leds referentes aos olhos.

A equipe, formada por 04 membros, iniciou a construção com algumas discussões sobre o termo aresta e depois referente ao cubo:

Quadro 31 – Diálogo 1 a respeito do formato.

<p>Darcilene - Quem sabe o que é a aresta”?</p> <p>Rilana - Acho que é o desenho!</p> <p>Caroline - São as linhas da figura.</p> <p>Darcilene - E o cubo?</p> <p>Caroline - Pelas medidas acho que deve ser um dado.</p> <p>Darcilene – “Acho que dado é uma coisa e cubo é outra”.</p>

Fonte: Autor.

Devido as discussões, uma estudante, Caroline, instigou o professor em relação às dúvidas da equipe, conforme quadro 32:

Quadro 32 – Diálogo 2 a respeito do formato.

<p>Caroline - “professor cubo e dado é a mesma coisa?”</p> <p>Professor Denis - “Como vocês reconhecem um dado?”</p> <p>Caroline “Os lados são todos iguais”</p> <p>Professor Denis - “E o cubo?”</p> <p>Rilana - “Também”</p> <p>Professor Denis - “logo, o que podemos concluir?”</p> <p>Caroline - “É a mesma coisa”.</p> <p>Professor Denis - “O dado tem o formato de um cubo”.</p>
--

Fonte: Autor.

Após o diálogo, os estudantes construíram a cabeça robótica, utilizando restos de papelão e uma régua, onde recortaram 6 faces quadradas com as

medidas sugeridas, conforme figura 145, calculando suas respectivas áreas, figura 146. Em seguida realizaram a instalação do circuito para os olhos robótico, com o auxílio de alguns membros da equipe do tronco e supervisionado pelo professor de física, assim como, realizaram a acoplagem do servo motor no pescoço, figuras 147 e 148, observando as posições.

Figura 145 – Construção da cabeça robótica.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 146 – Tabela da aplicação.

data 22.11.2022
 () () () () () ()

	comprimento	largura	área
FACE 1	6 cm	6 cm	36 cm ²
FACE 2	6 cm	6 cm	36 cm ²
FACE 3	6 cm	6 cm	36 cm ²
FACE 4	6 cm	6 cm	36 cm ²
FACE 5	6 cm	6 cm	36 cm ²
FACE 6	6 cm	6 cm	36 cm ²

Fonte: Foto da aplicação.

Figura 147 – Instalação do circuito elétrico e montagem do servomotor.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 148 – Cabeça robótica montada.



Fonte: Arquivo pessoal.

Posteriormente solicitaram o computador e a placa arduino para as ligações dos jumpers e programação do movimento da cabeça, figura 149, assim como, para o acionamento dos leds. A programação foi realizada mediante as anotações feitas durante a oficina, figura 150, com algumas dúvidas a respeito dos ângulos, que foram debatidas entre eles e entre membros de outra equipe, dos braços, que os auxiliaram quanto ao uso do temporizador e dos ângulos.

Figura 149 – Ligação dos jumpers e programação do servomotor.



Fonte: Arquivo pessoal.

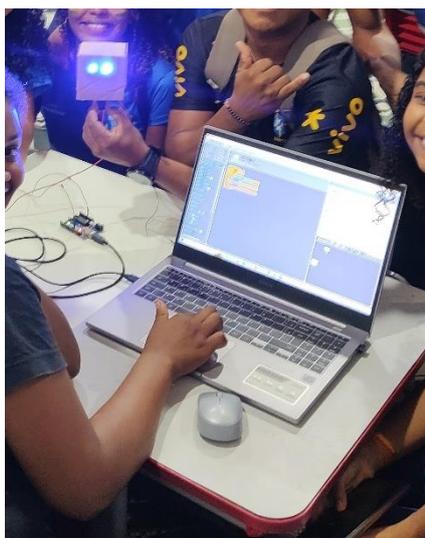
Figura 150 – Sintaxe para a o movimento da cabeça.



Fonte: Print do software S4A.

A programação dos leds foi executada com maior precisão pelos alunos, sem perguntas ou dúvidas, sendo realizada em conjunto com a equipe do tronco, figura 151, os quais utilizaram a mesma sintaxe para acionar os leds dos vértices a partir da tecla espaço pressionada, conforme figura 152.

Figura 151 – Programação dos olhos robóticos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 152 – Sintaxe para o acionamento dos leds.



Fonte: Print do software S4A.

Ressalta-se que, assim como na escola Campo Verde, os alunos utilizaram a ligação para piscar leds com voltagem de 5V fornecidas pelas portas seriais da placa

arduino, quando o correto seria o uso de resistores, sob risco de queima, apesar de serem alertados durante a oficina de robótica.

O manuseio do computador foi realizado por apenas 02 membros, Elem e Rilana, da equipe da cabeça.

Após todas as construções os estudantes pintaram seus protótipos com a temática da bandeira do Brasil, figura 153, pois estava no período da Copa Mundial de futebol (Copa 2022), e, em seguida, juntaram todos os protótipos (cabeça, tronco e membros).

Durante a Junção houve um problema quanto à altura das pernas, as quais, devido ao comprimento não estavam sustentando o tronco, figura 154, requerendo uma solução entre as equipes para resolver o problema. Com muita discussão, chegaram à conclusão de que necessitavam colocar uma régua entre as pernas e o corpo para dar a sustentação necessária, conforme figura 155.

Figura 153 – Pintura dos protótipos com a temática da bandeira do Brasil.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 154 – Junção dos protótipos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 155 – Régua para sustentação do corpo robótico.



Fonte: Arquivo pessoal.

Um dos estudantes, Erivelton (equipe dos braços), perguntou se daria para fazer o robô emitir um som, daí o professor propôs a instalação de um sensor de presença. No entanto, embora tenha sido mostrado o sensor na oficina de robótica, os alunos não faziam ideia de como utilizá-lo ou programa-lo. Havendo a necessidade de o professor direcioná-los ao uso do sensor junto ao S4A, fazendo a conexão na placa que já estava conectada ao robô direcional, figuras 156, 157 e 158, e descrevendo a sintaxe junto a programação das pernas direcionais, onde ao se aproximarem do robô o mesmo emitiria um som (HipHop), figura 159.

Figura 156 – Teste do robô direcional.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 157 – Robô direcional em funcionamento.



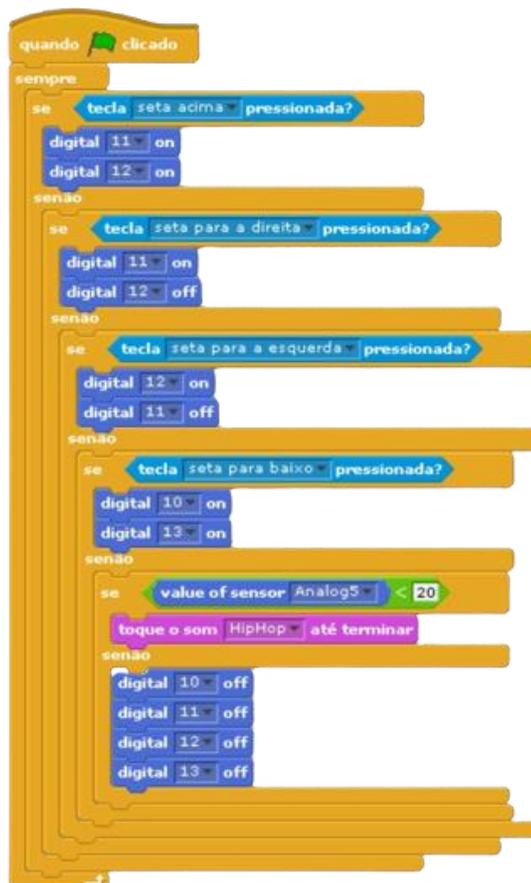
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 158 – Robô Direcional com sensor de presença.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 159 – Sintaxe para o movimento direcional com sensor de presença.



Fonte: Print do software S4A.

Os resultados do experimento foram avaliados conforme as prerrogativas do Design Experiments:

Variável de Clima: Todos os membros da equipe participaram e estavam comprometidos a construir os protótipos sugeridos. Não mediram esforços na montagem dos sólidos, dos circuitos elétrico e na montagem dos motores. Em todos os casos houve grande envolvimento dos membros da equipe, com discussões e debates a respeito dos formatos e medidas, bem como das conexões da placa controladora e montagem do circuito elétrico, inclusive com a participação de membros de outras equipes. Na programação observou-se a participação de todos os componentes e de outras equipes, com debates pertinentes quanto ao algoritmo.

Variável Aprendizagem: Os estudantes conseguiram construir os sólidos geométricos: Cubo, Paralelepípedo retângulo e Prisma Quadrangular regular, respeitando os ângulos retos de cada face, com algumas intervenções do professor a respeito de equívocos durante o processo, descrevendo suas medidas de comprimento e áreas, bem como as montagens dos circuitos em paralelo, cabeça e tronco robótico, supervisionado pelo professor de física. Na programação, através de debates e tentativas, conseguiram desenvolver a sintaxe correta para o acionamento do leds e a sintaxe para os movimentos: direcional, cabeça e braços, todos com o apoio e sugestões de membros de outras equipes, que, fazendo analogias aos protótipos já criados, demonstraram habilidades e disposição para a execução da atividade.

Toda interação realizada durante o experimento foi analítica, onde o professor estava ciente do processo, e, a cada questionamento ou dúvidas, aproveitava para inserir ou revisar conhecimentos matemáticos esquecidos ou suprimidos em séries passadas, tais como: medidas e ângulos.

Em todos os protótipos construídos o professor solicitou que as equipes colocassem em uma tabela as áreas das superfícies de cada face dos protótipos construídos, tarefa bem desenvolvida por todas as equipes, haja vista que pelo menos um de cada grupo já tinha consigo a ideia formada do cálculo de área de superfícies retangulares, passando a compartilhar o conhecimento com quem não sabia do grupo.

A cada apresentação o professor questionava a respeito de cada parte do sólido, procurando fixar junto aos alunos cada elemento dos Prismas Retos (faces, vértices e arestas), assim como, procurar repassar a ideia de volume a partir dos dados de cada tabela.

Neste segundo design observou-se que os estudantes ficaram mais à vontade em construir objetos com medidas definidas, as interações entre as equipes foram mais proveitosas, uma vez que, com a ideia de tamanho e formato do protótipo, todos passaram a entender como seriam suas construções, preocupando-se apenas com o formato das faces, os elementos e suas áreas.

O experimento apresentou êxito principalmente nos pontos cruciais como reconhecimento de um Prisma, área de suas superfícies e seus elementos.

Para um novo design, sugere-se:

- Agregar as áreas das superfícies planas com suas respectivas nomenclaturas (área da base, área lateral e área total), assim como acrescentar o cálculo numérico do volume nos resultados.
- Adotar o design de um robô específico, suas cores e medidas, neste caso, o Minecraft.

9.3 - ESCOLA 03 – Escola Municipal Quilombo São Benedito II.

Localizada à 34 quilômetros do município de Concórdia do Pará, pertencente a Vila São Benedito, a qual faz parte da Associação das Comunidades Remanescentes de Quilombos Nova Esperança de Concórdia do Pará – ARQUINEC. As aulas funcionam nos três turnos, sendo que o Ensino Médio é ofertado através do SOME por meio da Secretaria Estadual de Ensino do Pará – SEDUC/PA, apenas no turno da noite.

A escola apresenta boa estrutura física, recém reformada, porém, sem laboratórios de informática, sem biblioteca, com uma pequena sala para atividades extracurriculares, dispondo de internet, porém de baixa velocidade. A comunidade, vive, em geral, do cultivo da mandioca, produção de farinha, produção de açaí e pequenos mercados.

O projeto foi apresentado à turma do terceiro como parte curricular do conteúdo de geometria espacial em matemática, assim como do conteúdo “eletricidade”, em

Física, o que possibilitou o trabalho integrado das duas disciplinas para o desenvolvimento do mesmo.

A turma composta por 24 alunos com faixa etária de 17 a 22 anos, foi dividida em 04 grupos afim de desenvolverem atividades voltadas ao conteúdo de Geometria Espacial, especificamente do estudo de Prismas Retos. Vale ressaltar que, a maioria, utiliza como forma de ingresso às universidades o ENEM e o PSE I/Q (Processo Seletivo Especial Indígena e Quilombola).

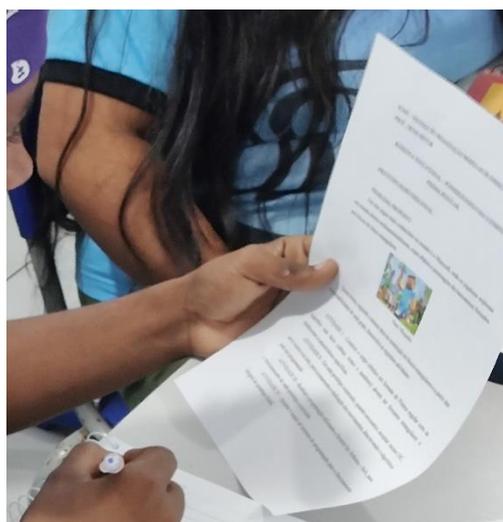
Como nos outros designs foi realizada a oficina de robótica, conforme figura 160, bem como, foram sugeridos formatos, medidas e o design de um robô específico figura 161.

Figura 160 – Oficina de Robótica Pedagógica.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 161 – Problema Proposto a um robô específico.



Fonte: Arquivo pessoal.

Como nos experimentos anteriores e, a partir da variável aprendizagem, do Design Experiments, foi realizado o teste de sondagem, de 11 questões, figura 162, com as mesmas referências do 1º e 2º experimentos: conceitos da geometria plana e espacial, estratégias e operações, remetentes aos Prismas Retos.

Figura 162 – Teste de Sondagem.



Fonte: Arquivo pessoal.

Quadro 33 – Reconhecimento de um retângulo.

QUESTÃO 01	ITENS MARCADOS				
01 – Nos polígonos abaixo, identifique aqueles que representam retângulos.	A, E	A, B	E	A	A, C, E
a) <input checked="" type="checkbox"/>  b) <input type="checkbox"/>  c) <input type="checkbox"/>  d) <input checked="" type="checkbox"/>  e) <input type="checkbox"/> 	09	01	01	12	01

Fonte: Pesquisa de Campo.

A partir dos dados coletados, quadro 33, percebeu-se que a maioria dos alunos apresentavam a ideia do que seria um retângulo, justificado pelos 21 apontamentos ao item A, mais 01 apontamento ao item E. Observou-se ainda que apenas 09 estudantes, menos da metade, apresentavam o conceito formado de retângulo, seja por desconhecimento conceitual ou possíveis Equívocos, revelando a necessidade em sanar tais deficiências.

Nas questões voltadas ao cálculo de área:

Quadro 34 – Cálculo de áreas em superfícies retangulares.

QUESTÕES	RESPOSTAS		
	ACERTOS	ERROS	BRANCO
03 – Qual a área de um retângulo que apresenta 30m de comprimento por 10m de largura?	15	00	09
04 – Determine a área da superfície de um quadrado com medida do comprimento igual a 6cm.	09	03	12

Fonte: Pesquisa de Campo.

Ao observar o quadro 34, percebe-se que a maioria tinha a ideia do cálculo de área, justificada pela quantidade de acertos na questão 03, 15 acertos, porém, quando observado os acertos na questão 04 percebeu-se que a metade dos estudantes deixou em branco, o que revela possíveis déficit conceitual na definição de área em superfícies retangulares.

Vale ressaltar, ainda, que nenhum estudante utilizou a unidade de medida de área correta.

Quanto ao cálculo de áreas a partir de problemas:

Quadro 35 – Problemas com áreas de superfícies retangulares.

QUESTÕES	RESPOSTAS		
	ACERTOS	ERROS	BRANCO
05 – Determine a área de um terreno que possui 150m na largura da frente por 200m de comprimento até o fundo.	10	04	10
06 – Uma pessoa deseja revestir o pátio de sua casa, de medidas: 3 m de largura por 2 m de comprimento. Sem considerar os desperdícios de lajotas, quantos m ² de revestimento serão necessários?	10	03	11

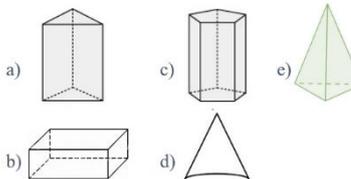
Fonte: Pesquisa de Campo.

Os resultados obtidos no quadro 35, revelaram que menos da metade da turma conseguiu transcrever um problema para a linguagem matemática e resolvê-la, justificada nas questões 05 e 06, com 10 acertos cada, revelando a necessidade em se desenvolver esta habilidade entre os estudantes. Observou-se ainda que, com a

descrição mais coesa do item 05, conseguiu-se sanar os equívocos ocorridos nas escolas 01 e 02.

Quanto às questões voltadas aos sólidos geométricos, considerando a preocupação a respeito do reconhecimento e dos elementos dos Prismas, nas questões 10 e 11, obteve-se:

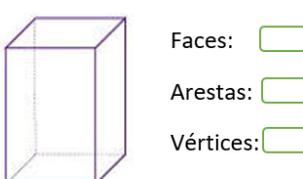
Quadro 36 – Reconhecimento de Prismas Retos.

QUESTÃO 10	ITENS MARCADOS								
	A,C	D,E	C	A	A, E	D	A,C,E	E	C,D
<p>10 – Nos sólidos abaixo, identifique aqueles que representam um prisma.</p> 	05	02	10	01	01	01	01	02	01

Fonte: Pesquisa de Campo.

Com os resultados do quadro 36, constatou-se que a maioria não tinha a ideia ou conceito de Prisma, justificada pela quantidade de resposta dada ao item B, o qual não foi mencionado nenhuma vez.

Quadro 37 – Elementos de um Prisma.

QUESTÃO 11	Nº DE ESTUDANTES			
	ELEMENTOS	ACERTOS	ERROS	BRANCO
<p>11 – No Sólido geométrico abaixo indique o número de: Faces, Arestas e Vértices.</p> 	FACES	11	10	03
	ARESTAS	06	16	02
	VÉRTICES	08	13	03

Fonte: Pesquisa de Campo.

Ao referir-se aos elementos do sólido geométrico, quadro 37, observou-se, através dos dados, que apenas 04 estudantes conseguiram informar, corretamente, todos os elementos do sólido questionado. Além de apresentar 03 estudantes apenas com a noção de vértice. O número de informação em branco e a quantidade de erros,

indica que estes estudantes desconheciam totalmente tais elementos, revelando uma deficiência na abordagem deste tipo de conteúdo, elementos de um poliedro.

Desta forma, a partir dos resultados acima citados, aplicou-se o experimento com foco nas principais deficiências encontradas, com o intuito de saná-las à medida que se avalia as potencialidades do experimento para a aprendizagem do conteúdo, Prismas Retos.

9.3.1 - Experimento 1 – Braços Robóticos.

- I. Os dois braços devem ter formatos e comprimentos iguais e serem diferentes do formato das pernas, com medidas da base 5cm de largura por 8cm de comprimento e altura 12cm.
- II. Acoplar um servomotor em cada braço, ajustando suas posições para movimentos horário e anti-horário.
- III. Programação para Movimento dos Braços (horário e anti-horário).

A equipe, formada por 06 membros, desenvolveu a atividade utilizando restos de caixas de papelão, utilizaram duas régua para as medições, figura 163, e, para o revestimento, utilizaram EVA cedido pela escola, figura 164. Houve pequenos diálogos a respeito das medidas, e sobre qual seria a base:

Quadro 38 – Diálogo a respeito do formato.

Joice – “Qual lado será a base?”.

Silmara – “Acho que é a parte que vai ficar pra baixo.”

Ronivane – “A gente constrói e depois a gente vê...depois é só virar de cabeça pra baixo...”

Silmara – “A gente vai ter que recortar dois lados repetidos pra dar certo.”

Rileizi – “Dos seis lados sempre vai ter dois lados repetidos.”

Silmara – As medidas menores são para as bases... a parte mais comprida é para a lateral... enquanto eu recorto as bases, alguém vai ter que recortar a lateral...

Joice – Eu recorto a lateral... Alguém vai ter que ficar com o EVA.

Silmara – Cuidado para não ficar torto, senão não vai encaixar.

Rileizi – eu e a ficamos com o EVA.

Com o diálogo, percebeu-se que a equipe conseguiu entender como seria o formato do paralelepípedo, construindo suas faces, planificadas, dois a dois, fazendo o uso correto das régua de medida e atentos aos ângulos retos. Após cada recorte, os estudantes realizavam o cálculo das áreas de cada superfície plana, e, por orientação do professor, o volume, demonstrando indícios de aprendizagem durante a abordagem do sólido, quadro 38.

Todo resultado foi discutido entre a equipe e preenchido em uma tabela com as medidas das áreas das bases, áreas laterais, volume e nome do sólido construído, conforme figura 165. Os dados da tabela revelaram que a equipe conseguiu calcular as áreas das superfícies do sólido, distinguindo base e lateral, calcular o volume, embora apenas com a ideia numérica, ficando para o professor, após a apresentação, repassar a ideia intuitiva de volume, esqueceram, apenas, de acrescentar as unidades de medidas utilizadas, fato encontrado nos testes e nas abordagens de outras equipes.

Figura 163 – Construção do Braço robótico.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 164 – Revestimento do Braço robótico.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 165 – Tabela de medidas.

Nome do Sólido: <u>Paralelepípedo</u>						
	Face 1	Face 2	Face 3	Face 4	Face 5	Face 6
Área	40	96	60	96	60	40
Área da Base	40					
Área lateral	312					
Área Total	392					
Volume	480					

Carolina
Mônica
Equipe: Silvana Cruz de Abreu
Jaice Carrão dos Santos
Rita J. Sousa
Renata Ferreira

Fonte: Foto da aplicação.

A equipe solicitou a placa controladora e o computador para a programação, figura 166, pela qual, fizeram as conexões dos jumpers, a partir dos conteúdos abordados sobre servomotor na oficina, pela qual foi ensinado a programação e a conexão para apenas um servo, o que gerou alguns dúvidas e diálogos entre a equipe. Realizaram inicialmente a conexão e a programação para um braço robótico, pela qual observou-se pequenos diálogos, conforme quadro 39:

Quadro 39 – Diálogo a respeito da programação.

Joice – Quem lembra onde o professor foi pra colocar a bandeirinha?
Silmara – Ele falou pra primeiro clicar nos menus, que a gente iria lembrar!
Joice – Achei...
Silmara – É só arrastar pro meio...
Ronivani – E agora?
Joice – Colocar o “se senão” e procurar o motor! Ninguém anotou?
Rileizi – Tá aqui, clicar em movimento depois em motor e na seta da porta...
Joice – Que porta?
Ronivani – Pergunta aí pro professor...
Professor Denis – Porta serial... vocês precisam verificar o número da porta onde está o jumper do servomotor.
Joice – Lembrei professor...
Rileizi – Joice achei aqui, coloca esse “motor” duas vezes e seleciona a porta 7 nos dois, um no “clockwise” e outro no “anticlockwise” coloca outro depois do “senão” com a porta 7 no “of”...

Fonte: Autor.

Os estudantes realizaram a programação, porém, não funcionou conforme o planejado, falaram com o professor, o qual pediu que revisassem o que foi visto na oficina. Um membro da equipe da cabeça, falou que faltava colocar o “sempre”, ferramenta de loop do software.

Joice – Vamos refazer, coloca o “sempre” e o “motor” dentro...

Rileizi – Tá aqui no meu caderno mesmo... tinha me confundido... precisa colocar o “espere 0,5 segundo”.

Após o teste, o braço funcionou, porém, o professor os orientou de que era pra funcionar quando um botão fosse pressionado e não direto, que faltava o utilizar o menu sensor. A estudante Joice falou ter esquecido, mas que estava anotado, e, portanto, seguiram as anotações feitas até o devido funcionamento.

Utilizaram a sintaxe, inicialmente, para o movimento de um braço, exatamente como foi ensinado na oficina, ficando o segundo braço para eles programarem, com orientações apenas em relação às portas disponíveis para os servos.

Com alguns testes, colocando os blocos do segundo servo na sintaxe e acrescentando temporizadores, conseguiram fazer o movimento dos dois braços a partir da tecla “b” pressionada, figura 167, demonstrando entendimento de como se dava a programação em blocos, condizentes ao pensamento computacional.

Figura 166 – Programação dos Braços robóticos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 167 – Sintaxe para o movimento dos Braços robóticos.



Fonte: Print do software S4A.

Ressalta-se que o manuseio do computador se deu pelas alunas Joice e Silmara, os outros membros, participaram com as pesquisas e detalhes da oficina de robótica.

9.3.2 - Experimento 2 – Pernas Robóticas.

- I. As duas pernas devem ter formatos e comprimentos iguais, com medidas da base 5cm por 5cm e altura 7cm.
- II. Acoplar dois motores DCs à base direcional, com as respectivas ligações dos jumpers entre Ponte H e placa Arduino.
- III. Desenvolver a programação para o movimento direcional das Pernas (frente, trás, direita e esquerda).

A equipe das pernas, formada por 07 componentes, desenvolveu a atividade utilizando restos de caixas de papelão para a construção da perna robótica e restos de sucata para a base direcional. Durante a construção das pernas, fizeram uso de uma régua centimétrica para as medições, figura 168, e, para o revestimento, utilizaram restos de papel A4.

Durante a confecção do sólido, houve pequenos diálogos, quadro 40, a respeito do formato sugerido pelo professor:

Quadro 40 – Diálogo a respeito do formato.

Fabrício – Mas antes agente fazer logo um cubo, as medidas são quase todas iguais
Santiago – Precisamos seguir a regra.
Davi – Deixa a programação comigo, vocês recortam as medidas.
Emerson – Vão ser duas bases iguais e quatro lados iguais.
Fabrício – Eu vou cortar as bases das duas pernas e vocês cortam as laterais.
Santiago – Tem que seguir as medidas certas, senão não vai encaixar...

Fonte: Autor.

Os estudantes terminaram a construção, porém, o professor observou que o formato construído parecia estar fora das medidas sugeridas, o levando a intervir junto a equipe e ratificar o uso de medidas incorretas:

Professor Denis - “O formato está correto, porém, não foram essas as medidas que pedi”

Fabrício - “Fizemos certo, olha aqui...”

Ao observar a forma pela qual estavam medindo, verificou-se que estavam utilizando a régua de forma incorreta, não iniciando a medição a partir do zero e sim da sobra da régua. Os estudantes conseguiram detectar o erro e construíram as duas pernas novamente, anotando suas medidas, conforme solicitados, figura 169. Apesar do equívoco no uso da régua de medidas, os estudantes demonstraram, a partir dos diálogos, indícios de aprendizagem ao construírem, exatamente, o formato do prisma quadrangular regular, as áreas de suas superfícies planas, assim como o entendimento matemático do cálculo do volume (produto das três dimensões), ficando a ideia de “espaço ocupado” para o professor ao fim da apresentação.

Figura 168 – Construção da perna robótica.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 169 – Tabela de medidas.

NÚMEROS						
Nome do Prisma	PRISMA QUADRANGULAR REGULAR					
	Faça 1	Faça 2	Faça 3	Faça 4	Faça 5	Faça 6
Área	25 cm ²	35 cm ²	3,5 cm ²	35 cm ²	35 cm ²	35 cm ²
Área da Base	25 cm ²					
Área lateral	140 cm ²					
Área total	200 cm ²					
Volume	175 cm ³					

Equipe: FABRÍCIO, EMERSON, ROBERTO DAVID.

01 - Santiago Cardoso Correia

02 - Carlos

03 - JORGE GILVANY

04 - Rafael Teixeira

Fonte: Foto da aplicação.

Para a construção da base direcional, utilizaram motores e carenagens retirados da sucata, figura 170. Realizaram vários testes de polaridade dos fios ligados aos motores da base direcional, com o uso de uma bateria reaproveitada de um celular, figuras 171 e 172.

Figura 170 – sucata.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 171 – Testes na base direcional.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 172 – Teste de polaridades dos motores.



Fonte: Arquivo pessoal.

Com a base testada, os estudantes solicitaram as placas, Arduino e ponte H, juntamente com os jumpers para as conexões. A partir de várias análises e anotações, conseguiram fazer as conexões nas portas seriais do arduino e da ponte H, figuras 173 e 174, com poucas intervenções do professor e alguns diálogos entre os alunos, quadro 41:

Quadro 41 – Diálogo sobre as conexões.

Fabrizio - Quem sabe a sequência dos fios na ponte H.

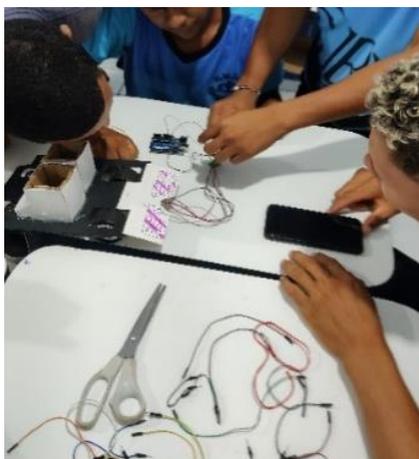
Santiago - O professor havia falado que cada lado controlava um motor... alguém tirou a foto da oficina, ele mostrou os motores...

Davi: Eu tenho aqui!

Fonte: Autor.

Com as anotações feitas e algumas fotos da oficina de robótica, figura 175, conseguiram fazer as devidas conexões.

Figura 173 – Conexão da placa arduino a ponte H.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 174 – Ligação da perna robótica à base direcional e à placa arduino.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 175 – Oficina: Ligação da ponte H.



Fonte: Arquivo pessoal.

Com o protótipo construído os estudantes solicitaram o computador para a programação, conforme a oficina de robótica, figura 176. Assim como nos experimentos das duas outras escolas, houve diálogos, quadro 42, com pequenas intervenções do professor, quanto ao movimento direcional, haja vista a abordagem feita na oficina, apenas com movimentos para frente e para trás:

Quadro 42 – Diálogo a respeito da programação.

Santiago – “Quem está com as anotações da programação?”
 Davi – “Está aqui, vai em controle e coloca a bandeirinha... Coloca o “sempre” e vai o “se senão”... depois do se, precisa ir em sensor...”
 Santiago – “Vamos iniciar com seta pra cima pro robô ir para frente...”
 Fabrício – “Está aqui, verificar as portas positivas dos dois motores...”
 Davi – “Anotei aqui estão nas portas 10 e 12...”
 José – “Agora é só repetir para as outras duas portas”.
 Fabrício – “Não esquece de colocar os blocos em of”
 Santiago – “Ok... vamos testar”.

Fonte: Autor.

O movimento funcionou, sem problemas, porém, apenas para frente e para trás o que gerou inquietações no grupo, conforme quadro 43:

Quadro 43 – Debate sobre o movimento direcional.

Santiago – “Mas o professor não ensinou...”

Davi – “Pergunta aí pra ele...”

Professor Denis – “Vocês têm que pensar de que forma, utilizando apenas as portas seriais, farão para robô ir para direita e para a esquerda”.

Santiago – “Só se colocássemos mais um motor só para dobrar...”

Emerson – “Teríamos que ter dois motores a mais”

José – “O professor mandou fazer só com que já temos”

Fonte: Autor.

Em meio aos debates, um dos estudantes teve um insight e sugeriu:

Carlos – “E se colocássemos um motor pra frente e o outro para trás...”

Santiago – “Podemos tentar...”

Na tentativa de alterar a programação para o movimento direcional, acabaram misturando os blocos das portas seriais, desta forma o professor precisou intervir:

Professor Denis - “reorganizem a sintaxe... A ideia de vocês é boa, mas não precisa colocar uma roda pra ir e outra para voltar, basta que uma siga e a outra pare”.

Desta forma, reorganizaram a sintaxe e aplicaram a sugestão do professor, acrescentando os comandos seta para direita e esquerda, parando uma roda e depois a outra, concluindo a programação do robô direcional, figura 177.

O desempenho e o entendimento em se desenvolver a programação, com o posicionamento correto dos blocos condicionais, demonstram indícios ao pensamento computacional àqueles que dialogava e manuseavam o computador.

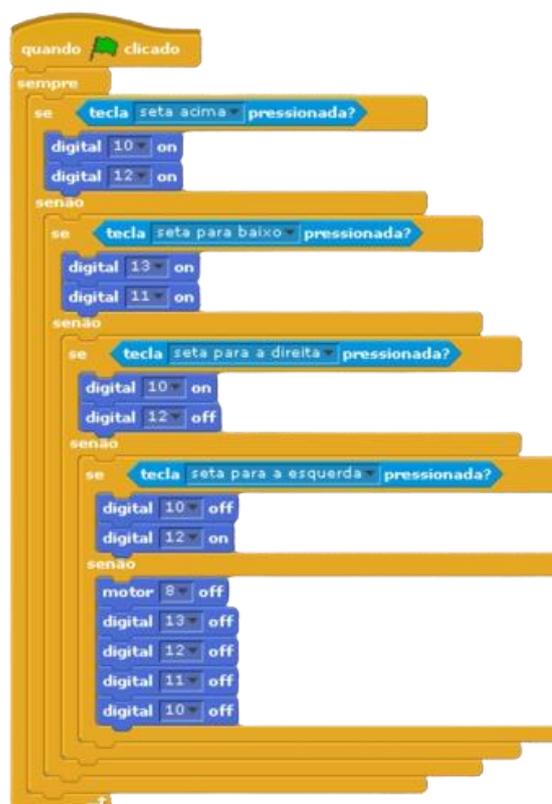
Ressalta-se que pelo menos três estudantes utilizaram o computador, Santiago, Davi e Fabrício, e, que um deles, Santiago, tinha habilidades em seu manuseio.

Figura 176 – Programação da base direcional.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 177 – Sintaxe para o movimento direcional.



Fonte: Print do software S4A.

Durante o funcionamento da base, os estudantes tiveram problemas nas rodas traseiras, deslizando nos eixos, e nas frontais, dificuldade em realizar as conversões. Várias análises foram feitas e chegaram à conclusão de que os eixos dos motores não iriam suportar o peso do corpo robótico, precisariam de engrenagens. Devido à dificuldade em conseguirem ou construírem uma engrenagem em tempo hábil, os motores foram substituídos pelos do kit arduino, figuras 178 e 179, o que possibilitou o pleno funcionamento.

Figura 178 – Substituição dos motores.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 179 – Montagem da base direcional com os novos motores.



Fonte: Arquivo pessoal.

9.3.3 - Experimento 3 – Tronco Robótico.

- I. O tronco deverá ter a base medindo 10cm de largura por 12cm de comprimento e altura 16cm.
- II. Montagem de um circuito em paralelo, com 4 leds, e acoplagem dos mesmos em cada vértice frontal do tronco, com as respectivas ligações na placa arduino.
- III. Desenvolver a programação para acionamento dos leds.

A equipe, formada por 06 componentes, iniciou a construção utilizando restos de papelão, EVA para o revestimento, fios elétricos e 04 leds. O sólido foi construído sem muita dificuldade pelos estudantes, com o uso de uma régua centimétrica e alguns diálogos referentes ao formato, conforme quadro 44:

Quadro 44 – Diálogo a respeito do formato.

Vitória – “Como a gente vai fazer?”

Joaquim – “Tenho uma caixa aqui que já tem o formato pedido pelo professor, basta a gente recortar as bases e juntar com a caixa o que passar agente corta”.

Natasha – “Será que vai dá certo, vai ter que dobrar quatro vezes...”

Dayane – “Se não der agente recorta os seis lados”.

Cristiana – “Corta logo a altura da caixa... não pode errar as medias das bases, senão vai dá tudo errado”.

Fonte: Autor.

Conseguiram construir o tronco robótico a partir da sugestão do estudante, Joaquim, figura 180, demonstrando entendimento quanto ao formato sugerido, com observação à importância das bases para o produto final, paralelepípedo retângulo. As medidas foram seguidas conforme a atividade, figura 181, assim como os cálculos de área das superfícies e do volume, conforme figura 182, não restando dúvidas entre a equipe a respeito do sólido citado.

Figura 180 – Caixa com o formato pedido no problema.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 181 – Recortes e revestimento do formato reconstruído.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 182 – Tabela da aplicação.

Nome do Prisma:						
	Face 1	Face 2	Face 3	Face 4	Face 5	Face 6
Área	120	160	100	160	100	120
Área da base	240					
Área lateral	520					
Área total	760					
Volume	1.520					

Fonte: Foto da aplicação.

Na montagem do circuito elétrico, houve algumas dúvidas a respeito do circuito em paralelo, havendo a necessidade da intervenção do professor de física, figura 183, que os orientou conforme a abordagem da oficina de robótica. O circuito foi montado pela equipe utilizando dois leds de cores diferente, vermelha e azul, e, em seguida, acoplados nos vértices da face frontal do sólido construído e testados com duas pilhas alcalinas, figura 184. A equipe contou com a ajuda de um membro da equipe das pernas, Santiago, que os ajudou com a solda.

Figura 183 – Montagem do circuito em paralelo, supervisionado pelo professor Emerson de Física.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 184 – Teste do Circuito em paralelo.



Fonte: Arquivo pessoal.

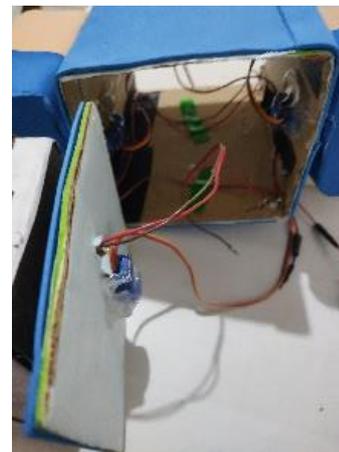
Após a construção do protótipo, a equipe se reuniu com a equipe da cabeça afim de realizar a ligação do circuito elétrico, referente aos vértices, do tronco ao circuito elétrico da cabeça (olhos robóticos), figuras 185 e 186.

Figura 185 – Junção do circuito da cabeça com o circuito do corpo.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 186 – ligação entre os circuitos dos olhos e tronco.



Fonte: Arquivo pessoal.

Com a junção da cabeça ao tronco robótico, membros das duas equipes se juntaram e discutiram a respeito da ligação na placa, a qual foi feita sem resistores, e da programação para acionamento dos leds, agora em um único circuito, por uma única tecla, quadro 45:

Quadro 45 – Diálogo para a programação dos leds.

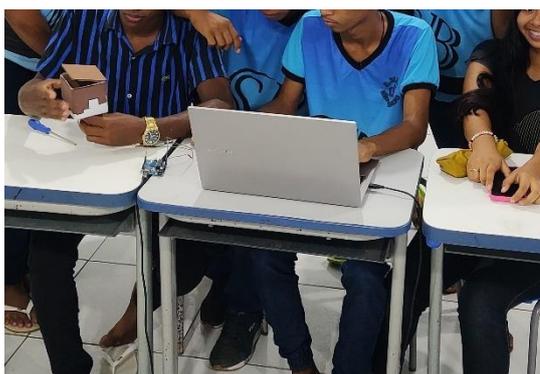
Vitória (tronco) – “Quem vai manusear o computador?”
 Jonatas (cabeça) – “Se vocês quiserem pode fazer...”
 Joaquim (tronco) – “Pode fazer vocês mesmos”.
 Vitória (tronco) – “Coloca logo a bandeirinha... clica lá em controle”.
 Bruno (cabeça) – “Coloca o “se senão” depois vai em sensores”.
 Jonatas (cabeça) – “Que tecla a gente coloca pra acender os leds?”.
 Vitória (tronco) – Coloca o L de leds...

Fonte: Autor.

Poucos da equipe do tronco participaram da programação em conjunto, com apenas um membro, da cabeça, manuseando o computador. A partir das anotações, da oficina, e com as observações dos componentes, conseguiram a programação para o acionamento dos leds em conjunto, cabeça e tronco, figura 187, acionados pela tecla L, figura 188.

A equipe demonstrou facilidade em se adequar aos comandos do S4A, verificada pelo uso sem receio dos menus “controle” e “sensores”, assim como a flexibilidade da tecla a ser utilizada.

Figura 187 – Programação do circuito unido: tronco e cabeça robótica.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 188 – Sintaxe desenvolvido pelos estudantes para o acionamento dos leds do tronco e dos olhos robóticos.



Fonte: Print do S4A.

9.3.4 - Experimento 4 – Cabeça Robótica.

- I. Deverá ter todas as arestas medindo 8cm.
- II. Na face frontal da cabeça, acoplar 02 leds, de mesma cor, ligados com circuito em paralelo, na posição do olho robótico e um servo motor na posição do pescoço;
- III. Programação para o movimento da cabeça (intervalos de 45° em 45°) e programação para acionamento dos leds dos olhos robóticos.

A equipe, formada por 05 componentes, iniciou a construção utilizando restos de papelão, revestidos com papel A4 e EVA, uma régua centimétrica, fios elétricos, um servomotor e 02 leds. Durante a confecção do sólido houve algumas discussões em relação ao que seria a aresta e de como fariam o formato da atividade, conforme quadro 46:

Quadro 46 – Diálogo a respeito do formato.

<p>Jonatas – “Alguém sabe o que é aresta?”.</p> <p>Tamiles – “São as linhas que formam o prisma”.</p> <p>Jonatas – “As arestas têm todas as mesmas medidas, como a gente faz?”.</p> <p>Eberson – “Vai virar um dado, dá pra desenhar no papelão, igual aos blocos do Minecraft”.</p> <p>Jonatas – “Precisa deixar uma parte aberta para o pescoço e para colocar os leds...”</p>
--

Fonte: Autor.

Com os diálogos, seguindo a sugestão do estudante Eberson, construíram o sólido, deixando uma abertura na cabeça para manuseio. A equipe conseguiu fazer analogias a modelos externos, usando suas planificações, figura 189, o que favoreceu a perfeita construção do sólido proposto, figura 190, demonstrando entendimento quanto aos cálculos de área das superfícies planas, assim como o cálculo volume, os quais foram colocados em uma tabela, figura 191.

Figura 189 – Construção da cabeça robótica.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 190 – Cabeça robótica construída.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 191 – Tabela da aplicação.

data 14-04-2023
①②③④⑤⑥

PRISMA-CUBO						
	FACE 1	FACE 2	FACE 3	FACE 4	FACE 5	FACE 6
AREA	64cm ²	64cm ²	64cm ²	64cm ²	64cm ²	64cm ²
AREA DA BASE	64cm ²					
AREA LATERAL	256cm ²					
AREA TOTAL	384cm ²					
VOLUME	512cm ³					

Fonte: Foto da aplicação.

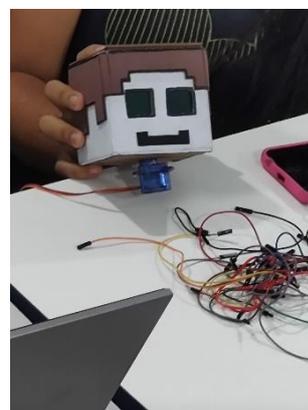
Com o protótipo construído, passaram a montagem do circuito elétrico referente aos olhos robóticos, bem como a acoplagem do servomotor responsável pelo movimento da cabeça robótica, figuras 192 e 193, conforme descrito na atividade.

Figura 192 – Circuito dos olhos robóticos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 193 – Cabeça robótica montada.



Fonte: Arquivo pessoal.

O circuito dos olhos foi montado em paralelo, com uma espera para a conexão junto ao tronco robótico. Não houve dificuldades na montagem do circuito, o qual foi testado com duas pilhas alcalinas, apenas no posicionamento do servo, pois precisavam saber o comportamento da palheta giratório para que pudessem prendê-la a cabeça, pescoço robótico.

Com a cabeça construída, a equipe solicitou a placa arduino, os jumpers para as conexões do servomotor e o computador para desenvolverem a programação do movimento da cabeça, figura 194, a qual foi realizada utilizando as anotações feitas durante a oficina. A programação foi realizada sem intervenções, com dois membros da equipe manuseando o computador e pequenos diálogos, quadro 47, referentes às anotações dos motores e portas disponíveis para o servo:

Quadro 47 – Diálogo a respeito da sintaxe para o acionamento dos motores.

<p>Jonatas – “Quem tem as anotações do servomotor”.</p> <p>Eberson – “Começa indo em “controle” e colocando a “bandeirinha”.</p> <p>Tamiles – “É só encaixando igual um quebra-cabeça”.</p> <p>Jonatas – “Sim, mas tem que saber qual comando vamos encaixar”.</p> <p>Eberson – “O professor explicou pra não esquecer do “sempre”... coloca o “senão” e depois os “motor” clicando em “moimento””.</p> <p>Bruno – “Tem que colocar pra clicar em uma tecla antes do motor”.</p> <p>Eberson – “Vai lá em sensores, tinha esquecido..”.</p> <p>Bruno – “Que tecla a gente usa para mover a cabeça”.</p> <p>Jonatas – “c de cabeça...”</p> <p>Eberson – “O professor mandou usar o motor com a porta 8... o ângulo é 45””.</p>
--

Fonte: Autor.

Os estudantes desenvolveram a sintaxe, porém a cabeça não funcionou como o esperado, perguntaram ao professor, entretanto, um membro de outra equipe respondeu na frente que faltava colocar o “tempo” entre os motores, fazendo com que a equipe se atentasse ao problema em seu algoritmo. Fizeram as correções e compilaram novamente a sintaxe descrita, obtendo, desta vez o movimento da cabeça, porém, apenas para um lado. Perguntaram novamente ao professor, o qual observou que haviam colocado duas vezes o motor a 45°. Desta forma, pediu que

colocassem o motor, um a 0° e o outro que testassem os ângulos até que o movimento fosse satisfatório.

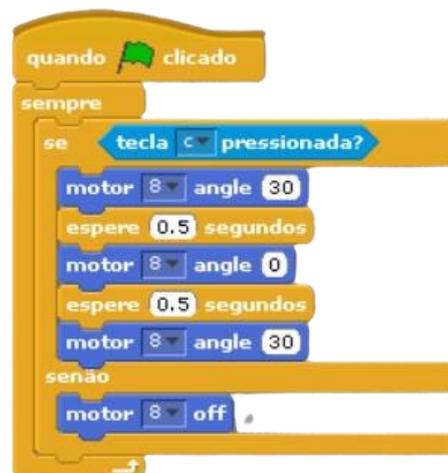
A equipe concluiu a atividade utilizando o ângulo de 0° a 30°, figura 195, devido ao posicionamento da palheta do servo na cabeça.

Figura 194 – Programação para o movimento da Cabeça.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 195 – Sintaxe desenvolvida pelos estudantes para o movimento da Cabeça.



Fonte: Print do software S4A.

Ressalta-se que dois membros manusearam o computador durante a sintaxe para o movimento da cabeça, Tamiles e Jonatas, dos quais a estudante Tamiles demonstrou domínio em manuseá-lo.

Programação Integral do Robô:

Foi formado um novo Grupo, desta vez com um componente de cada equipe, para a acoplagem dos protótipos criados e junção das sintaxes de programação, figuras 196 e 197, pelos quais, apenas um estudante, Santiago, ficou responsável por manusear e agrupar as sintaxes a partir das sugestões dos membros de cada equipe, o que possibilitou, após várias interações, o funcionamento e o design final do robô, figura 198.

Figura 196 – Junção dos protótipos robóticos desenvolvidos pelas equipes.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 197 – Junção das Sintaxes desenvolvidas pelas equipes.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 198 – Robô direcional com o uniforme da Escola São Benedito II.



Fonte: Arquivo pessoal.

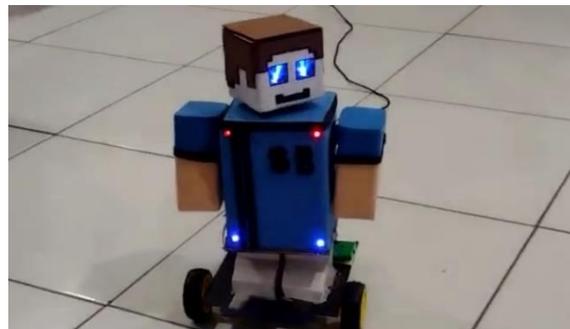
Durante a junção o circuito elétrico ficou ligado direto a placa arduino, na saída de 3,3V. A exposição foi realizada sob a forma de seminário, acompanhada pelos professores de matemática e física, figura 199, e assistida por todos os estudantes e funcionários, rede estadual e municipal, da escola São Benedito II. A sintaxe para o movimento da cabeça foi adicionada a programação do movimento direcional, onde sempre que o robô fosse para trás sua cabeça iria movimentar-se, figuras 200 e 201, e os movimentos dos braços para quando o robô fosse para frente.

Figura 199 – Exposição do funcionamento integral do Robô acompanhados pelos professores de Matemática e Física.



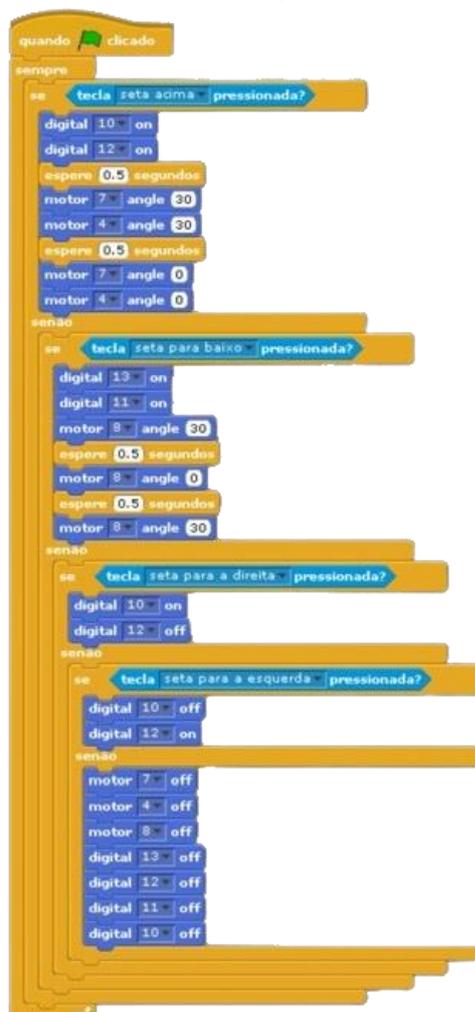
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 200 – Movimento da cabeça enquanto robô movimenta-se para trás.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 201 – Sintaxe feita pelos estudantes para o movimento integral robô.



Fonte: Foto do Projeto.

Cada protótipo foi construído de forma livre e colaborativa entre as equipes, conforme o Construcionismo (PAPERT,1990). Para cada protótipo criado foi solicitado as medidas de área das superfícies, com as respectivas nomenclaturas, bem como o

cálculo numérico do volume, com intuito de avaliar o processo de aprendizagem do experimento.

Os resultados foram avaliados conforme as prerrogativas do Design Experiments:

Variável de Clima: Todos os membros da equipe participaram e estavam comprometidos a construir os protótipos sugeridos. Não mediram esforços na montagem dos sólidos, dos circuitos elétrico e na montagem dos motores. Em todos os casos houve grande envolvimento dos membros da equipe, com discussões e debates a respeito dos formatos e medidas, bem como das conexões da placa controladora e montagem do circuito elétrico, inclusive com a participação de membros de outras equipes. Na programação observou-se a participação de todos os componentes e de outras equipes, com debates pertinentes quanto ao algoritmo.

Variável Aprendizagem: Os estudantes conseguiram construir os sólidos geométricos: Cubo, Paralelepípedo Retângulo e Prisma Quadrangular regular, respeitando os ângulos retos de cada face, com algumas intervenções do professor a respeito de equívocos durante o processo, descrevendo suas medidas de comprimento e áreas, bem como as montagens dos circuitos em paralelo, cabeça e tronco robótico, supervisionado pelo professor de física. Na programação, através de debates e tentativas, conseguiram desenvolver a sintaxe correta para o acionamento dos leds e a sintaxe para os movimentos: direcional, pescoço e braços, todos com o apoio e sugestões de membros de outras equipes, que, fazendo analogias aos protótipos já criados, demonstraram habilidades e disposição a execução do algoritmo.

Toda interação realizada durante o experimento foi analítica, onde o professor estava ciente do processo, e, a cada questionamento ou dúvidas, aproveitava para inserir ou revisar conhecimentos matemáticos esquecidos ou suprimidos em séries passadas, tais como: medidas e ângulos.

Após cada apresentação o professor questionou a respeito de cada parte do sólido, questionou os equívocos e a importância em se colocar as medidas que se está utilizando, assim como, procurou fixar junto aos alunos cada elemento do Prisma Reto, a ideia conceitual de volume, e, como nos outros experimentos, foi apresentada a definição de cada sólido construído.

Em síntese, a aplicação do experimento nas três escolas contou, inicialmente, com o fator motivacional, pelo qual os estudantes foram levados a abstração de um protótipo robotizado semelhante ao personagem do jogo Minecraft, de conhecimento dos estudantes, tornando a construção geométrica uma atividade lúdica, pela qual os estudantes demonstraram total interesse em querer desenvolvê-la, isto é, construir um objeto, geometricamente, para o qual se tenha familiaridade ou significado para os mesmos, conforme Vygotsky (1998, p. 126), “os objetos ditam a criança o que ela tem que fazer” e corroborado por Valente (2003, p. 7) quando aponta que na teoria Construcionista o aprendiz constrói algo do seu interesse e para o qual está motivado.

A utilização da DBR nas três escolas, com as atividades orientadas sob as prerrogativas da TSL, possibilitou, durante as construções dos protótipos – partes robóticas – desenvolver a teoria Construcionista avaliando e remodelando a forma pela qual o conteúdo de Prismas Retos era abordado em sala de aula, isto é, a partir de cada construção os estudantes puderam, de forma interdisciplinar, entre matemática, física e computação, testar tanto as medidas geométricas, se formavam o sólido desejado, a partir das medidas das superfícies planificadas, quanto a montagem do circuito-elétrico, pelo qual destaca-se a distribuição correta das correntes e tensões elétricas, ligadas a placa controladora, e a programação com as tomadas de decisões a respeito da sintaxe correta para os movimentos direcionais.

O currículo do Ensino Médio deve buscar a integração dos conhecimentos, especialmente pelo trabalho interdisciplinar. Neste, fazem-se necessários a cooperação e o compartilhamento de tarefas, atitudes ainda pouco presentes nos trabalhos escolares. O desenvolvimento dessas atividades pode ser um desafio para os educadores, mas como resultado vai propiciar aos alunos o desenvolvimento da aptidão para contextualizar e integrar os saberes (BRASIL, 2006, p.90).

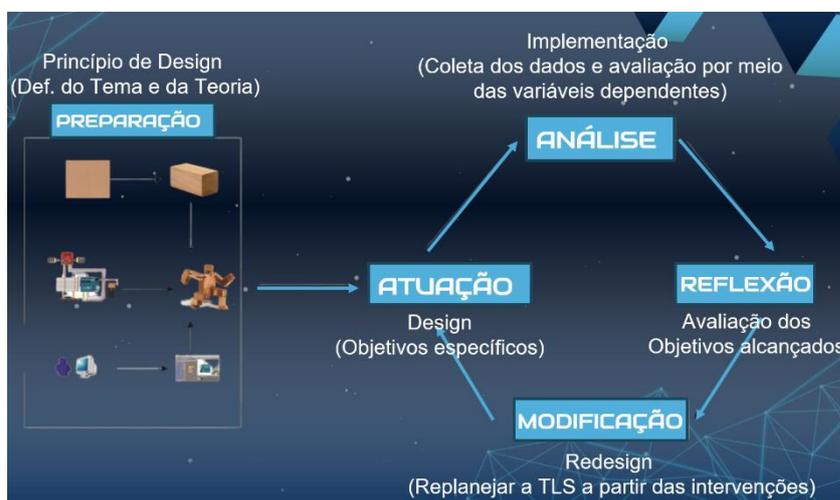
Esta integração entre os saberes, possibilitou aos estudantes, através de tentativas, inclusive com debates entre os grupos, desenvolverem as atividades considerando seus erros e acertos, e, por conseguinte, a construção ativa do conhecimento, própria do Construcionismo. “O processo de achar e corrigir um erro, constitui uma oportunidade única para o aprendiz aprender sobre um determinado conceito envolvido na solução do problema ou sobre estratégias de resolução de problemas” (VALENTE, 1999, p.75).

A interdisciplinaridade junto ao conteúdo de ciências (física - circuito elétrico), favoreceu a utilização das prerrogativas da TSL, tanto na dimensão pedagógica quanto na epistêmica (MÉHEUT E PSILLOS, 2004). Na pedagógica observou-se

como o conteúdo ministrado pelo professor era recepcionado pelos estudantes, pontuadas durante o entendimento das tarefas, quanto aos formatos, reconhecimento, construções, medidas métricas e angulares, cálculos e estratégias matemáticas utilizadas, aprimorando-se a abordagem didática a partir de cada redesign, subsidiada pelas variáveis climáticas e de aprendizagem da DBR. Na dimensão epistêmica, verificou-se como os estudantes relacionavam o conteúdo de Prismas Retos com o mundo material, tanto no reconhecimento quanto em seus formatos e elementos, pelos quais, a modelagem de cada objeto encontrado, caixas de papelão, para que se tornassem um protótipo específico do robô com as características do prisma reto, assim como, a relação do conteúdo de ciências (física/circuito-elétrico) com os restos de sucatas encontrados (motores, baterias, leds,...), utilizados para os movimentos e montagem do circuito do protótipo, observadas a distribuição correta de tensão e corrente elétrica.

Em cada ciclo, o sincronismo, entre a DBR e a TSL, figura 201, obedeceu a um planejamento e a uma sequência de atividades que abrangessem os conteúdos de geometria - Prismas Retos, Física - circuito-elétrico e a Computação – voltada a incentivar o pensamento computacional.

Figura 201 – Ciclo de Redesign DBR - TSL.



Fonte: Adaptado de Méheut e Psillos (2004) e Signorelli (2007).

Durante o 1º Ciclo cada equipe fez jus ao momento de Preparação, onde foram organizados os materiais e, seguindo a TSL, fora determinada a teoria a ser aplicada, Construcionismo (momento de design), para, então, iniciar-se o ciclo de redesign, conforme figura 201, pelo qual, durante a Atuação (design) foram expostos os objetivos específicos do experimento a serem seguidos a partir da construção de cada

protótipo. Na Análise (Implementação) foi o momento em que os estudantes colocaram a “mão na massa” (VALENTE, 2003) e passaram a construir e programar seus protótipos (PAPERT, 1990) a partir das atividades propostas, pelas quais pode-se destacar os debates à respeito dos formatos, a aprendizagem a partir dos erros, o reconhecimento entre o objeto construído e o mundo real, os insights na construção da lógica de programação, assim como a aplicação e o debate na construção e ligação dos circuitos elétricos, ao instante em que era realizada a coleta dos dados, por meio fotos, vídeos e notas, e a avaliação do experimento através das variáveis dependentes, clima e aprendizagem, para, então, ser realizada a Reflexão (Avaliação), momento em que ocorreu a avaliação do experimento quanto aos objetivos pretendidos, no que concerne a aprendizagem dos Prismas Retos. Foram anotadas as falhas, pontuadas as possíveis alterações, e, na Modificação (Redesign) foi realizado o replanejamento das atividades.

Durante o 2º Ciclo, passou-se a utilizar medidas em comum acordo entre todos, ou seja, em quanto no primeiro experimento cada equipe ficou livre a discussão sobre as dimensões das partes robóticas, neste ciclo, o debate ocorreu na presença do professor, sem intervenção, com as equipes acordando as dimensões a serem construídas. A sequência de atividades transcorreu conforme a DBR e a TSL, com pequenas modificações para o terceiro ciclo.

No último ciclo, com o intuito de avaliar a construção de um robô específico, quanto à fidelidade das medidas e design, o professor pesquisador repassou todas as medidas e formatos que cada equipe deveria utilizar, obtendo, a partir de cada sequência de atividade, resultados mais satisfatórios, quanto ao tempo de desenvolvimento das atividades e ao entendimento das medidas e formatos do sólido sugerido, prisma reto.

Durante os três ciclos, cada equipe conseguiu desenvolver os circuitos elétricos, com pequenas intervenções do professor de física. Conseguiram desenvolver as atividades de programação, conforme a oficina de robótica pedagógica, com intervenções pontuais dos professores, instigando o raciocínio e o pensamento computacional em cada tarefa dada, onde pode-se destacar a lógica desenvolvida pelos estudantes, com poucas intervenções, para que o protótipo robotizado realizasse os movimentos geométricos e direcionais, dos quais, os testes de ângulos para o movimento dos braços e cabeça, assim como, a solução dada, através da programação, para que o robô pudesse fazer as conversões para a direita

e esquerda, possibilitando, desta forma, agregar o raciocínio computacional ao matemático, e, portanto, estimular o pensamento computacional, destacado por Wing (2016, p.3) como o ato de escolher a solução apropriada para um dado problema dentro de um sistema computacional, e, ratificado por Moraes, Basso e Fagundes (2017) , ao expressarem que o raciocínio lógico e a aprendizagem dos conceitos matemáticos, durante a programação, são próprias do pensamento computacional.

Após cada ciclo foi tomado nota a respeito dos equívocos ocorridos durante a construção do protótipo, tanto nos aspectos geométricos quanto na compreensão do circuito elétrico e da programação, assim como, o recolhimento das tabelas de medidas, de cada equipe, para a avaliação posterior do experimento, levando ao aperfeiçoamento da oficina e das atividades, nos ciclos subsequentes, à luz da TSL.

10 – ANÁLISE DOS DADOS.

Com os três designs, chegou-se ao seguinte levantamento:

Quadro 48 – Dados referente ao teste de sondagem aplicado nas três escolas.

Dados do Teste de Sondagem.	Número de estudantes
Total de Estudantes participantes	58
Apresentavam conhecimento sobre o que era um retângulo	24
Noções do que era um Prisma	15
Apresentavam conhecimento sobre os Elementos de um Prisma	11
Noções de Cálculo de área	29

Fonte: Pesquisa de Campo.

Os dados do quadro 48, revelaram que antes da aplicação e considerando um total de 58 estudantes participantes do teste de sondagem, com apenas 01 ausente, que 50% dos estudantes não tinham noção do cálculo de área das superfícies planas, assim como, 81% não tinham conhecimento sobre os elementos de um Prisma, o que revelou a necessidade em se buscar soluções que viabilizassem a aprendizagem destes tópicos geométricos.

Quadro 49 – Dados referentes a construção da cabeça robótica das três escolas.

CABEÇA ROBÓTICA	Número de estudantes
Construção da Cabeça – Formato de cubo:	12
Participaram ativamente da construção.	9
Participaram das discussões.	11
Participaram do Cálculo das áreas das superfícies do sólido.	12
Reconhecimento do sólido construído e seus elementos.	12
Participaram ativamente da construção do circuito elétrico e conexão à placa.	6

Participaram ativamente da acoplagem e ligação do servomotor à placa Arduino.	6
Participaram ativamente da programação.	5

Fonte: Pesquisa de Campo.

Os dados referentes a construção da cabeça robótica, quadro 49, demonstram que todos conseguiram chegar ao formato sugerido, com 75% participando da construção e 100% dos estudantes reconhecendo as características do cubo e suas medidas. Com destaque para as estratégias distintas utilizadas durante as construções nas escolas, pelas quais cita-se: a construção individual de cada face e a construção comparativa (pela planificação) do sólido.

Quadro 50 – Dados referentes a construção do tronco robótico das três escolas.

TRONCO ROBÓTICO	Número de estudantes
Construção do tronco – Formato de Prisma Quadrangular Regular / Paralelepípedo reto retângulo.	17
Participaram ativamente da construção.	13
Participaram das discussões.	15
Participaram do Cálculo das áreas das superfícies do sólido.	15
Reconhecimento do sólido construído e seus elementos.	17
Participaram ativamente da construção do circuito elétrico e conexão à placa Arduino.	09
Participaram ativamente da programação.	03

Fonte: Pesquisa de Campo.

Os dados referentes a construção do tronco robótico, quadro 50, demonstram que todos conseguiram chegar ao formato sugerido, com 76,5% participando da construção e 100% dos estudantes reconhecendo as características do paralelepípedo retângulo e suas medidas.

Quadro 51 – Dados referentes a construção dos braços robóticos das três escolas.

BRAÇOS ROBÓTICOS	Número de estudantes
Construção dos braços – Formato de Paralelepípedo reto retângulo.	15
Participaram ativamente da construção.	13
Participaram das discussões.	13
Participaram do Cálculo das áreas das superfícies do sólido.	13
Reconhecimento do sólido construído e seus elementos.	15
Participaram ativamente da acoplagem e ligação dos servomotores à placa Arduino.	10
Participaram ativamente da programação.	6

Fonte: Pesquisa de Campo.

Os dados referentes a construção dos braços robóticos, quadro 51, demonstram que todos conseguiram chegar ao formato sugerido, com 86,5% participando da construção e 100% dos estudantes reconhecendo as características de cada sólido construído e suas medidas, sejam eles paralelepípedo retângulo ou prisma quadrangular regular.

Quadro 52 – Dados referentes a construção das pernas robóticas das três escolas.

PERNAS ROBÓTICAS	Número de estudantes
Construção das pernas robóticas – Formato de Prisma Quadrangular Regular / Paralelepípedo reto retângulo:	15
Participaram ativamente da construção:	13
Participaram das discussões:	15
Participaram do Cálculo das áreas das superfícies do sólido.	15

Reconhecimento do sólido construído e seus elementos.	15
Participaram ativamente da acoplagem dos motores e ligações entre ponte H e a placa Arduino:	10
Participaram ativamente da programação	8

Fonte: Pesquisa de Campo.

Os dados referentes a construção dos braços robóticos, quadro 52, demonstram que todos conseguiram chegar ao formato sugerido, com 86,5% participando da construção e 100% dos estudantes reconhecendo as características de cada sólido construído e suas medidas, sejam eles paralelepípedo retângulo ou prisma quadrangular regular.

Portanto, com a aplicação do experimento, e, considerando que todos participaram, num total de 59 estudantes, observou-se que 93% conseguiram desenvolver a atividade do cálculo de área das superfícies planas a partir de suas construções, e, ainda, que 100% conseguiram reconhecer os formatos e elementos de seus sólidos construídos, por meio dos debates, das construções e do ensino mutuo entre os membros, internos e externos das equipes.

Os quadros acima demonstram ainda que 35 estudantes participaram do manuseio dos componentes arduinos e circuito elétrico, o que possibilitou sua avaliação pelo professor de física dentro do conteúdo avaliado, circuito elétrico.

Ressalta-se ainda, que embora não se tenha conseguido um laboratório de informática para o experimento, conseguiu-se atingir 22 estudantes, que puderam manusear e programar os protótipos criados, com o restante sendo ouvintes. O que possibilitou a avaliação dentro dos que utilizaram o dispositivo.

Todas as construções tiveram por base objetos físicos, reaproveitados do descarte ou da sucata, onde cada aluno de forma livre e colaborativa puderam criar seus objetos de estudo, protótipos robóticos, e programa-los, com membros eleitos pelo grupo, seguindo as prerrogativas da Robótica Educacional.

11 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.

O Experimento, construção de um protótipo robô direcional, posicionou os estudantes como sujeitos ativos na construção de seu conhecimento, estudo de Prismas Retos, de modo que o professor passou ao papel de orientador e motivador das atividades propostas, levando o aprendiz a constantes interpretações matemáticas, quando observados os debates e cálculos desenvolvidos durante a construção dos protótipos, bem como, durante a programação, demonstraram indícios condizentes ao Pensamento Computacional.

Desta forma, o experimento mostrou-se satisfatório ao ensino e aprendizagem de Prismas Retos, à medida que a sequência de atividades, TLS, com a metodologia empregada, Design Experiments, possibilitaram, por meio das variáveis dependentes – Clima e Aprendizagem, de forma imersiva, detectar e sanar alguns problemas relacionados ao entendimento e aplicabilidade dos conceitos da geometria plana concernentes ao ensino dos Prismas Retos. Observou-se que alguns estudantes tinham dificuldades no entendimento conceitual das formas geométricas, posicionamento angular, assim como dificuldades nos cálculos das áreas das superfícies planas, ao que se suspeitava, refletia diretamente na aprendizagem dos sólidos geométricos, especificamente dos Prismas Retos. A interação e colaboração entre as equipes, analisadas por variáveis climáticas, a mediação do processo juntamente com as intervenções direcionadas, possibilitou sanar grande parte das dificuldades referentes ao estudo citado, bem como a adoção de estratégias para uma melhor explanação do conceito, plano e espacial da geometria, em aulas futuras.

As escolas atendidas pelo projeto, apresentavam condições sociais distintas com destaque para os fatores socioeconômicos, o que possibilitou uma análise mais específica do experimento, onde observou-se o engajamento mais proeminente de estudantes carentes frente àqueles com mais oportunidades, observados pela iniciativa em si buscar alternativas durante a construção da base direcional, ocorridas nas duas escolas Quilombolas, com menor estrutura física, ou ainda, o envolvimento individual, nas três escolas, com destaques àqueles que tiveram contato pela primeira vez com o computador e com os circuitos elétricos, os quais conseguiram não apenas desenvolver a atividade, mas passaram a orientar outras equipes, demonstrando indícios de aprendizagem, conforme Freire (1997): “Quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina aprender”.

A adoção da tecnologia associada à matemática, especificamente ao estudo geométrico, mostrou-se motivador durante o desenvolvimento dos experimentos, observados pelo interesse dos estudantes em querer realizar as atividades matemáticas pensando no produto final, o robô, próprio do Construcionismo, onde o uso do computador, como parte deste processo educacional, atingiu seu objetivo, uma vez que possibilitou ao estudante abstrair o conhecimento para o funcionamento dos protótipos robotizados e transcrevê-los em uma LPC. À medida que avançavam em suas construções era nítido o desejo em querer que seus protótipos estivessem padronizados, de acordo com as medidas e sugestões, e realizassem mais funções, demonstrando interesses em quererem se aprimorar no uso das ferramentas geométricas, na ciência (física) e no desenvolvimento da lógica de programação dos componentes eletrônicos, demonstrando indícios ao desenvolvimento do pensamento matemático e Computacional, este último corroborado por Wing (2006) como um pensamento analítico que compartilha com o pensamento matemático as formas gerais para solucionar um problema, tendo como essência a abstração “que é a ferramenta mental da computação” (WING, 2006, p.3718, tradução nossa).

Destaca-se ainda que em todo processo do experimento os estudantes desenvolveram as tarefas de forma lúdica, com descontração, como se estivessem competindo em um jogo de construção e programação, com as equipes se desafiando ao mesmo tempo que aprendiam e ensinavam entre si, de forma livre e colaborativa. Papert (1980) evidencia que as várias formas de pensamentos, propiciam aos indivíduos o pensar sobre o pensar e permitem que o indivíduo desenvolva a capacidade “de articular o trabalho de sua própria mente e, particularmente, a interação entre ela e a realidade no decurso da aprendizagem e do pensamento” (PAPERT, 1971, apud VALENTE, 2016). O software Scratch for Arduino – S4A, foi o condutor para que os objetivos almejados pelos estudantes fossem alcançados, o que para Vygotsky (1998), atuou como instrumento mediador para o produto final construído, o robô, à medida que os signos, entendimentos, análises e significados a respeito do processo lógico e matemático ou a própria ideia de robô eram analisados pelos resultados alcançados (VYGOTSKY, 1998).

A interação, multidisciplinar, entre os campos de saberes, matemática e física, obteve resultados satisfatórios, tanto na aprendizagem quanto ao tempo de desenvolvimento do experimento, pelo qual os circuitos elétricos eram supervisionados pelo professor de física, avaliando a abordagem do conteúdo,

enquanto os sólidos geométricos construídos eram avaliados pelo professor de matemática, condizentes aos projetos de complementação de carga horária desenvolvidos no SOME.

O experimento passou por 02 redesign, buscando a melhor forma em se abordar os conceitos inerentes ao estudo de Prismas Retos a partir da robótica. Todos os protótipos foram construídos e programados pelos estudantes, conforme Papert (1986). Os principais desafios foram a ausência de laboratórios de informática nas escolas da rede estadual e municipal e a seleção de quem, da equipe, iria manusear o laptop, cedido pelo professor, além da disponibilidade de apenas 02 kits Arduino adquiridos pelo próprio. Entretanto, a cada novo redesign procurou-se buscar maior interação entre as equipes e seus membros, fazendo com que o conhecimento se propagasse entre todos os estudantes da turma, inclusive durante o preenchimento e exposição das medidas de cada sólido construído.

A avaliação foi realizada continuamente durante todo o processo de construção, bem como durante a exposição dos protótipos robotizados, com perguntas e debates direcionados ao conhecimento pretendido, Prismas Retos.

Como sugestão ao uso da robótica educacional na aprendizagem de geometria Espacial, seria relevante, em um próximo redesign, agregar mais sólidos geométricos (cilindro, cone, esfera, ...) e componentes Arduino (sensores, controles, ...), assim como, a construção de um protótipo robotizado (Robô) por equipe.

Ramos & Struchiner (2009), ressalta que o uso de materiais que utilizam estratégias de “aprender com o computador” pode ser utilizado de uma forma extremamente fechada e centrada no conteúdo e vice-versa. Sendo assim, o material não determina práticas, visto que essas são determinadas pela forma de uso desse material em determinada situação (RAMOS; STRUCHINER, 2009, p. 675). Neste sentido, não basta simplesmente utilizar recursos computacionais, mas integrar tal uso às práticas pedagógicas.

Para desdobramentos futuros, espera-se, com o uso da robótica educacional, buscar a integração de mais disciplinas como: inglês – na programação, Geografia – Meio ambiente, Arte – Reciclagem e Pintura, Química – Geração de energia, assim como, utilizar as prerrogativas da metodologia STEAM, metodologia que utiliza os conhecimentos, interdisciplinares, da ciência, tecnologia, engenharia, arte e matemática na resolução de problemas, pelas quais os protótipos robôs construídos terão funcionalidades específicas, para a resolução de problemas do cotidiano dos

estudantes, seja auxiliando em uma lavoura, com sensores de temperatura, ou acionando motores de uma engrenagem, isto é, após a construção geométrica do protótipo robô, sua programação será voltada à solução de um dado problema.

Como fruto desta pesquisa e dos redesigns realizados, destaca-se o surgimento de um produto educacional intitulado “Robótica & a Métrica das Formas”, o qual apresenta uma sequência de atividades voltadas a aprendizagem do conteúdo de Prismas Retos (elementos, áreas das superfícies e reconhecimento), em consonância com a construção de um protótipo robô direcional, utilizando componentes arduinos de baixo custo e o software educacional Scratch for Arduino – S4A.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.E.B. **O computador na escola: contextualizando a formação de professores.** Praticar a teoria, refletir a prática. São Paulo Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2000.

_____. **Informática e Formação de Professores.** Coleção Informática para Mudança na Educação. MEC / SEED / ProInfo, 1999.

ACCIOLI, R. M. **Robótica e as transformações geométricas:** Um estudo exploratório com alunos do ensino fundamental. **São Paulo:** PUC, 2005. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2005.

ANTUNES, Celso. **Múltiplas linguagens e diversas competências.** Revista Impressão Pedagógica. Florianópolis, n.º.22, maio - junho, 2000 [SI].

ASCENCIO, Ana Fernanda Gomes. **Lógica de programação com Pascal.** São Paulo: Pearson Education/Makron Books, 1999.

ASCENCIO, Ana Fernanda Gomes; CAMPOS, Edilene Aparecida Veneruchi de. **Fundamentos da programação de computadores.** Algoritmos, Pascal e C/ C++. São Paulo: Pratices Hall, 2002.

BAIÃO, E. R. **Desenvolvimento de uma metodologia para o uso do Scratch for Arduino no Ensino Médio.** 2016.101f. Dissertação (Mestra do em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

BANZI, M. **Primeiros Passos com o Arduino.** São Paulo: Novatec, 2011.

BARCELOS, T. S. **Relações entre o Pensamento Computacional e a Matemática em atividades didáticas de construção de jogos digitais.** 2014. 276 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2014.

BECKER, Marcelo. **Uma alternativa para o ensino de Geometria: Visualização Geométrica e representações de sólidos no plano.** 111 p. Dissertação. Porto Alegre, RS. 2009.

BITTAR, M. **A abordagem instrumental para o estudo da integração da tecnologia na prática pedagógica do professor de matemática.** Educar em Revista, Curitiba, 2011, v.1, p. 157-171.

BOYER, Carl B. **História da Matemática.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1996. Tradução: Elza F. Gomide.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2018.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília, Ministério da Educação, 2006, v.2, p. 69-96.

BRAZ, F. M. **História da geometria hiperbólica.** Monografia (Especialização em Matemática para Professores da Universidade Federal de Minas Gerais). Belo Horizonte: UFMG, 2009.

BRETON, P. **A história da Informática.** São Paulo: Editora UNESP, 1991.

BROWN, A. L. **Design experiments:** Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–178, 1992. Recuperado de <http://www.cs.uml.edu/ecg/projects/cricketscience/pdf/brown-1992-design-experiments.pdf>.

CABRAL, N.F. **Contribuição do laboratório de educação matemática para a formação inicial de professores:** Saberes práticos e formação profissional. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: PUC, 2010[SI].

CASTILHO, M. I. **Robótica na educação:** Com que objetivos? Master's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002 [SI].

CORTELAZZO, Iolanda B. C. **Internet e Diálogos de Alunos de Pedagogia sobre comunicação televisiva.** VIII. 1996 [SI].

COBB, P; CONFREY, J; DISESSA, A; LEHRER, R; SCHAUBLE, L. **Design Experiments in Educational Research.** In: *Educational Researcher*, Vol. 32, No. 12003, p 9 – 13.

COLLINS, A. **Towards a design science of education**. In E. Scanlon & T. O'Shea (Eds.), *New directions in educational technology* (pp. 15-22). Berlin: Springer, 1992.

COLLINS, A; JOSEPH, D; BIELACZYK, K.. **Design Research: Theoretical and Methodological Issues**. *Journal of The Learning Sciences*, Evanston, v. 13, n. 1, p. 13-42, Jan., 2004. DOI:10.1207/s15327809jls1301_2.

COSTA, Marina de Sousa; OLIVEIRA, José Ribamar Lira de; NASCIMENTO, Sérgio Bandeira do (Orgs.). **Educação na Amazônia em Repertório de Saberes: O Sistema de organização Modular de Ensino**. Belém/PA: Ed. Paka-Tatu, V.1, 2020.

DESIGN-BASED RESEARCH COLLECTIVE. **Designbased research: An emerging paradigm for educational inquiry**. *Educational Researcher*, 32(1), p. 5-8, 2003. DOI: 10.3102/0013189X032001005 Recuperado de <http://www.designbasedresearch.org/reppubs/DBRC2003.pdf> Easterday, M. W., Lewis, D. R., & Gerber, E. M.

DOERR, H. M.; WOOD, T. **Pesquisa-Projeto (design research): aprendendo a ensinar Matemática**. In: BORBA, M. C. (Org.). **Tendências internacionais em formação de professores de matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2006. p. 113-128.

EDELSON, D. C. **Design research: what we learn when we engage in design**. *The Journal of the Learning Science*, 11(1), 105-121, 2002. DOI:10.1207/S15327809JLS1101_4.

EVES, H. **Geometria: tópicos de história da matemática para uso em sala de aula**. São Paulo: Atual, 1992.

FERREIRA, Aurélio B. de H. **Novo dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 2.ed. Curitiba: Nova Fronteira, 1999.

FONSECA, Maria da Conceição F.R.; LOPES, Maria da Penha; BARBOSA, Maria das Graças Gomes; GOMES, Maria Laura Magalhães; DAYRELL, Mônica Maria Machado S. S. . **O ensino da geometria na escola fundamental: Três questões para formação do professor de matemática dos ciclos iniciais**. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

FORBELONE, A.L.V.; EBERSPÄCHER, H.F. . **Lógica de programação**. São Paulo: Pearson Education / Makron Books, 1999.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. 9ªed. São Paulo: Paz e Terra, 1997.

GRANDO, C. M. **Geometria: espaço e forma**. Chapecó: Uno Chapecó/CEADE, 2008.

HEINE, F. **O que é robô** [online]. Disponível em http://www./Robótica - Farlei J_Heine - Artigos.html.

KALEFF, A. M. M. R. **Tópicos em Ensino de Geometria: A Sala de Aula Frente ao Laboratório de Ensino e à História da Geometria**. Segunda edição. Novas Tecnologias no Ensino da Matemática. CEAD: UFF, 2016.

KAFAI, Y. B.; RESNICK, M. (Orgs.). **Constructionism in Practice: Designing, Thinking, and Learning in A Digital World**. 1ª ed. Routledge, 1996.

KISHIMOTO, Tizuko M. (Org.). **Jogo, Brinquedo, Brincadeira e a Educação**. 14ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

KUPFER, Maria Cristina. **Freud e a Educação – O mestre do impossível**. São Paulo: Scipione, 1995.

KNEUBIL, Fabiana Botelho; PIETROCOLA, Maurício. **A Pesquisa Baseada em Design: Visão Geral e Contribuições para o Ensino de Ciências**. IENCI – Investigações em Ensino de Ciências. v22(2), p. 1-16, ago., 2017. DOI:10.22600/1518-8795.ienci2017v22n2p01.

LEITÃO, R. L. **A dança dos robôs: qual a matemática que emerge durante uma atividade lúdica com robótica educacional?** 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Bandeirante de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, 2010.

LIMA, Márcio Roberto. **Construcionismo de Papert e ensino-aprendizagem de programação de computadores no ensino superior**. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Federal de São João Del-Rei, 2009.

LIJNSE, P.; & KLAASSEN, K.. **Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences?** *International Journal of Science Education*, 26(5), p. 537-554, 2004. DOI:10.1080/09500690310001614753

LIJNSE, P. **"Developmental research" as a way to an empirically based "didactical structure" of science.** *Science Education*, 79(2), p. 189-199, 1995. DOI:10.1002/sce.3730790205

LIJNSE, P. **Methodological aspects of design research in physics education.** In Kortland, K., & Klaassen, K. (Orgs.). *Designing Theory-Based Teaching-Learning Sequences for Science Education*, p.144-155, Utrecht: CDBeta Press, 2010.

LINDQUIST, Mary M.; SHULTE, Alberto P. (Orgs.). **Aprendendo e ensinando geometria.** São Paulo: Atual, 1994.

MALTEMPI, Marcus V.; VALENTE, José Armando. **Melhorando e Diversificando a Aprendizagem via Programação de Computadores.** In: International Conference on Engeneering and Computer Education - *ICECE 2000*. Anais (CDROM). São Paulo, agosto/2000.

MARJI, M. **Aprenda a programar com Scratch:** uma introdução visual à programação com jogos, arte, ciência e matemática. Novatec Editora, 2014.

MÉHEUT, M.; & PSILLOS; D. (2004). **Teaching-learning sequences:** Aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), p. 515-535, 2004. DOI:10.1080/09500690310001614762

MESTRE, P.; ANDRADE, W.; GUERRERO, D.; SAMPAIO, L.; DA SILVA RODRIGUES, R.; COSTA, E. **Pensamento Computacional:** Um estudo empírico sobre as questões de matemática do PISA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 4., 2015, Maceió. **Anais [...].** Maceió: SBC, 2015.

MORAIS, A. D.; BASSO, M. V. A; FAGUNDES, L. C. **Educação Matemática e Ciência da Computação na escola:** aprender a programar fomenta a aprendizagem de matemática? *Ciência & Educação*, Bauru, v. 23, n. 2, p. 455-473, jun. 2017.

NUSSEY, Jhon. **Arduino para Leigos**; traduzido por Cibelle Ravaglia. Trad. 2ªEd. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019.

PAZOS, F. **Automação de Sistemas & Robótica**, Axcel Books do Brasil, 2002.

PAPERT, Seymour. **The Connected Family: Bridging the digital generation gap**. Atlanta GA, Longstreet Press, 1996.

PAPERT, S. **A Máquina das Crianças**: Repensando a Escola na Era da Informática. 1ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

PAPERT, S. **Logo: Computadores e Educação**. São Paulo: Brasiliense, 1988.

PAPERT, S. A. **Mindstorms: Children, Computers, And Powerful Ideas**. 2ª ed. Basic Books, 1993.

PAPERT, Seymour. **A máquina das crianças**. Porto Alegre: Artmed, 1994.

_____. **Logo: Computadores e educação**. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1986.

_____. **Constructionism, Norwood**. New Jersey, 1991.

_____. **A critique of Technocentrism in Thinking About the School of the Future**. Memo n° 2, MIT, Massachusetts, 1990.

_____, **Looking at technology Through School-Colored Spectacles**. Massachusetts, MIT, 1997.

PAPERT, Seymour. **Logo: Computadores e Educação**. Brasiliense, São Paulo, 1985. (Original de 1980)

PETERSON, R. & HERRINGTON, J. **The state of the art of design-based research**. In The World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, Vancouver, Canadá, 2005. Recuperado de <http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1060&context=edupapers>.

PIASESKI, C. M. **A geometria no ensino fundamental**. Monografia (Licenciatura em Matemática). Campos de Erechim-RS: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 2010.

PRADO, Maria Elisabette Brisola Brito. **O Uso do Computador na Formação do Professor**: um enfoque reflexivo da prática pedagógica. Coleção Informática para a Mudança na Educação. Brasília: MEC/SED, 1999.

RAMOS, P.; STRUCHINER, M. **Concepções de Educação em pesquisas sobre materiais informatizados para o Ensino de Ciências e de Saúde**. *Ciência & Educação*, v. 15, n. 3, p. 659–679. Recuperado agosto 6, 2012, 2009.

RAMALHO, Priscila. Jhon Dewey: **Educar para Crescer**. Disponível em <<https://educarparacrescer.abril/aprendizagem/Jhon-Dewey-307892.shtml>>. Acesso em: 08 janeiro de 2022.

RESNICK, M. **Sowing the seeds for a more creative society**. *Learning and Leading with Technology*, v. 35, n. 4, p. 18, 2007.

RESNICK, Mitchel. **Distributed Constructionism**, Northwestern University, International Conference on the learning Sciences, 1996.

RODRIGUEZ, C.; ZEM-LOPES, A. M.; MARQUES, L.; ISOTANI, S. **Pensamento Computacional**: transformando ideias em jogos digitais usando o Scratch. *In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA*. Anais [...]. Maceió: SBC, p. 62, 2015.

ROGENSKI, M. L. C.; PEDROSO, S. M. D. **O Ensino da Geometria na Educação Básica**: Realidade e Possibilidades. 2009. Disponível em: <https://bit.ly/3gr6jsF>. Acesso em: 08 janeiro de 2021.

SÁ, Pedro Franco de. **Atividades para o ensino de Matemática no nível fundamental**. Belém: EDUEPA, 2009.

SANTOS, Rodrigo Pereira; COSTA, Heitor Augustus Xavier. **Análise de Metodologias e Ambientes de Ensino para Algoritmos, Estrutura de Dados e Programação aos iniciantes em Computação e Informática**. *INFOCOMP – Journal of Computer Science*, Lavras/MG – Brasil, v. 5, n. 1, p. 41-50, 2006.

SANTOS, C. F. R. **A robótica educacional como recurso de mobilização e explicitação de invariantes operatórios na resolução de problemas**. 2018. 189 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

SILVA, Daniel Neves. “**Alan Turing**”; Brasil Escola: Disponível em <https://brasilecola.uol.com.br/biografia/alan-mathison.htm>. Acesso em 18 de setembro de 2022.

SILVA, Eliel Constantino da. **Pensamento Computacional e a formação de conceitos matemáticos nos anos finais do ensino fundamental: uma possibilidade com kits de robótica**. 2018. 264f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro.

SOUSA, Arodinei Gaia de. **SOME: Educação no Campo da Amazônia Paraense**. Cametá-PA, Ed. AGS, 2020.

SOUZA, Jesus Maria; FINO, Carlos Nogueira. **As TIC abrindo caminho a um novo paradigma educacional. Educação e Cultura Contemporânea**. Rio de Janeiro, v.5, n.10, p.11-26, jan./jun., 2008.

STEFFEN, H.H. **Robótica pedagógica na educação: Um recurso de comunicação, regulagem e cognição**. Master’s thesis, Escola de Comunicação e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo.[SI].

STEFFE L. P.; THOMPSON, P. W. **Teaching methodology: Underlying principles and essencial elements**. In: LESH, R. & KELLY, A. E. (Eds.), **Ressearch design in mathematics and science education**. Hilsdale, NJ: Erbaum, 2000. P. 267 – 307.

TIMOTEO, Dênio Mariz; BRASILEIRO, Francisco Vilar. **A Formação e a Prática do Profissional de Programação: Discussão de Estratégias para a Aprendizagem Continuada**. In: Congresso da SBC, 1998, Belo Horizonte – MG. Anais do Workshop de Educação em Informática, 1998. v. 3.

VALENTE, J. A. (Org.). **O Computador na Sociedade do Conhecimento**. Campinas: UNICAMP / NIED, 1999.

VALENTE, José Armando. **Diferentes usos do computador na educação**. In: Computadores e conhecimento: repensando a educação. 1ª ed. Campinas, NIED-Unicamp, 1993.

VALENTE, J. A. **Integração do pensamento computacional no currículo da educação básica**: diferentes estratégias usadas e questões de formação de professores e avaliação do aluno. *Revista e-Curriculum*, v. 14, n. 3, 2016.

VAN DEN AKKER, J. **Principles and methods of development research**. In Van den Akker, J. et al. (Org.) *The Design methodology and developmental research in education and training* (pp.1-14). 1999. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo, Martins Fontes, 1994.

VIGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1993.

_____. **Psicologia pedagógica**. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

ZAPATA, N.; NOVALES, M.; GUZMÁN, J. **La robótica educativa como herramienta de apoyo pedagógico**. Concepción: Universidad de Concepción, 2004.

WANG, F., & HANNAFIN, M. J. **Designbased Research and Technology-Enhanced Learning Environments**. *ETR&D*, 53(4), p. 5-23, 2005. Recuperado de https://ideascale.com/userimages/sub-1/898000/panel_upload_12279/30221206.pdf. Acesso em 20/12/2022.

WING, J. M. **Computational thinking**. *Commun. ACM*, v. 49, n. 3, p. 33–35. 2006.

WING, J. **Pensamento Computacional** – Um conjunto de atitudes e habilidades que todos, não só cientistas da computação, ficaram ansiosos para aprender e usar. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 9, n. 2, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/4711>>. Acesso em: 20/12/2022.

APÊNDICES

A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
 PRÓ REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
 CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E EDUCAÇÃO
 DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA, ESTATÍSTICA E INFORMÁTICA.
 PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE MATEMÁTICA.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) para participar da pesquisa intitulada: Robótica Educacional – Possibilidades para o ensino de Prismas Retos, sob a responsabilidade da orientadora Dra. Cinthia Cunha Maradei Pereira e orientando Prof. Denis Heitor Damasceno da Silva, vinculados à Universidade do Estado do Pará.

Nesta pesquisa pretendemos aplicar uma sequência de atividades, utilizando o conceito de Prismas Retos, para a construção e programação de protótipos robotizados, com o intuito de avaliar as potencialidades da robótica para a aprendizagem deste conteúdo.

Desta forma, para que o experimento seja catalogado com fotos e nomes dos autores de cada protótipo, necessita-se da autorização de seus responsáveis, para o uso de seus nomes e imagens, unicamente, para fins acadêmicos. Nenhum aluno será exposto ou vinculado a qualquer instituição que não seja as voltadas ao meio acadêmico.

Você e o aluno não terão gastos ou ganhos financeiros por participar da pesquisa. Não há riscos. Os benefícios serão de natureza acadêmica gerando um estudo estatístico dos resultados obtidos sobre o uso da robótica educacional como recurso ao ensino de Prismas Retos. Você é livre para decidir se seu filho (a) colaborará com a pesquisa sem nenhum prejuízo ou coação.

Uma via deste termo de consentimento livre e esclarecimento ficará com você. Qualquer dúvida a respeito da pesquisa você poderá entrar em contato com: Dra. Cinthia Cunha Maradei Pereira e orientando Prof. Denis Heitor Damasceno da Silva, por meio da coordenação do Mestrado Profissional em Ensino de Matemática (PMPEM) do Centro de Ciências Sociais e Educação (CCSE) da Universidade do Estado do Pará (UEPA): TV. Djalma Dutra s/n, Telégrafo, Belém-PA, CEP 66113-010; fone: (91)4009-9501.

Concórdia do Pará - PA ___/___/___

 Assinatura do Pesquisador

Eu, _____, Autorizo que meu/minha filho(a) _____ a participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido(a).

 Assinatura do responsável

B - PRÉ-TESTE

SOME: SISTEMA DE ORGANIZAÇÃO MODULAR DE ENSINO.

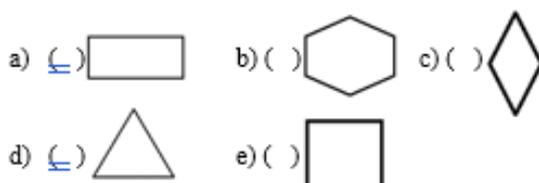
PÓLO: SÃO BENEDITO

PROF. DENIS HEITOR

ALUNO(A): _____

ATIVIDADE I

01 – Nos polígonos abaixo, identifique aqueles que representam retângulos.



02 – Determine o perímetro de um retângulo com 20cm de comprimento por 10cm de largura?

03 – Qual a área de um retângulo que apresenta 30m de comprimento por 10m de largura?

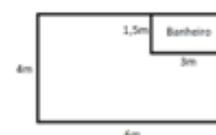
04 – Determine a área da superfície de um quadrado com medida do comprimento igual a 6cm.

05 – Determine a área de um terreno que possui 150m na largura da frente por 200m de comprimento até o fundo.

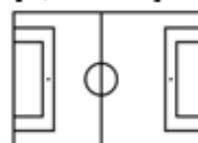
06 – Uma pessoa deseja revestir o pátio de sua casa, de medidas: 3 m de largura por 2 m de comprimento. Sem considerar os desperdícios de lajotas, quantos m^2 de revestimento serão necessários?

07 - Num retângulo de perímetro 60cm, a base é duas vezes a altura. Nessas condições, determine a área deste retângulo.

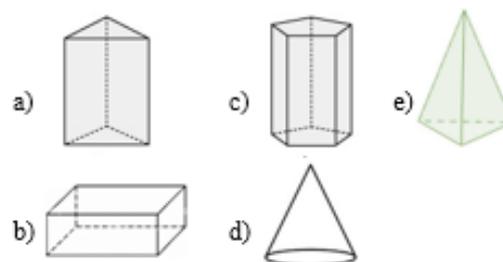
08 – A planta baixa de uma sala retangular prevê a construção de um banheiro interno, conforme a figura. Desconsiderando todos os desperdícios, quantos m^2 de lajotas serão necessários para revestir o piso somente da sala.



09 – Alguns estádios de futebol brasileiro já fazem uso dos famosos gramados sintéticos, os quais são vendidos por m^2 , variando o preço de acordo com as características do material. Considerando que um campo de futebol utilizou um total de $4.500 m^2$ de grama sintética, determine a largura deste campo, sabendo que seu comprimento é de 90m.



10 – Nos sólidos abaixo, identifique aqueles que representam um prisma.



11 – No Sólido geométrico abaixo indique o número de: Faces, Arestas e Vértices.





Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Sociais e Educação
Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Matemática
Trav. Djalma Dutra, s/nº – Telégrafo
66050-540 Belém - PA
www.uepa.br

