

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

LIDIANE OTTONI DA SILVA PETINI

**CONHECIMENTOS MOBILIZADOS POR ESTUDANTES DO ENSINO
FUNDAMENTAL NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE
ROBÓTICA**

Campo Grande - MS

2020

LIDIANE OTTONI DA SILVA PETINI

**CONHECIMENTOS MOBILIZADOS POR ESTUDANTES DO ENSINO
FUNDAMENTAL NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE
ROBÓTICA**

**Dissertação de Mestrado apresentada
ao Curso de Mestrado em Educação
Matemática da Universidade Federal do
Mato Grosso do Sul, como requisito
parcial para a obtenção título de Mestre
em Educação Matemática.
Orientadora: Marilena Bittar**

Campo Grande - MS

2020

LIDIANE OTTONI DA SILVA PETINI

**CONHECIMENTOS MOBILIZADOS POR ESTUDANTES DO ENSINO
FUNDAMENTAL NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE ROBÓTICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Educação Matemática da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação Matemática.

Campo Grande, ____ de ____ de 2020.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Marilena Bittar (orientadora)
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

Prof. Dr. José Luiz Magalhães de Freitas
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

Prof. Dra. Avenilde Romo Vázquez
Instituto Politécnico Nacional – IPN
México

Prof. Dra. Aparecida Santana de Souza Chiari (suplente)
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

Prof. Dr. Antônio Sales (suplente)
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Não creio que existam palavras para agradecer a algumas pessoas pela conclusão deste trabalho, porém deixar de fazê-lo seria indigno.

Quero iniciar agradecendo a Deus, pela vida, pela disposição e saúde que possibilitaram a sua realização.

Meus pais, Laerte e Ana, que me deram a vida e disseminaram em mim o desejo pelo conhecimento. Agradeço também pela paciência e por aceitar as ausências durante esse período de intensa dedicação.

Quero agradecer minhas irmãs e cunhadas, Eliane e André, Lillian e William, devo dizer o quanto vocês são importantes e que meu próximo trabalho é paparicar seus lindos filhos, Bernardo, Rodolfo e Luna.

Quero amores da minha vida, Valdecir, Amanda e Débora. Sem vocês nada disso seria possível. Meu marido, companheiro, sempre tão paciente e incentivador. Minhas filhas, as motivadoras, àquelas que depositaram em mim as maiores expectativas. Espero não ter faltado muito com vocês.

Não posso deixar de agradecer aos professores que fizeram parte de minha história, que me conduziram até aqui, especialmente aos professores do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática.

À minha orientadora, professora Marilema Bittar, por seu profissionalismo, competência e paciência. Suas contribuições conduziram ao meu crescimento enquanto mestrande, mas também como profissional.

Quero componentes da banca, professora Crenilde Rome Vázquez e ao professor José Luiz Magalhães de Freitas, que aceitaram o convite, trazendo contribuições para aprimorar esta pesquisa.

Agradeço também aos colegas da escola que aceitaram o desafio de fazer parte desta pesquisa. Marcelo, Cleonice, Ana Maria, e os demais professores da escola que sempre me apoiaram. Aos estudantes que aceitaram fazer parte do projeto, compõe a equipe de robótica.

Aos meus colegas de trabalho da Coordenadoria de Formação Continuada dos Profissionais da Educação, pelo apoio e incentivo.

Fernanda e Tiago, meus queridos colegas de turma, pela força e cumplicidade. E aos demais mestrandos da turma de 2018, obrigada!

Por fim, mas com um nível de importância tão alto quanto a dos demais, quero agradecer as minhas colegas Jéssica, Rosane e Tatiani, por realizarem a leitura dos meus textos e por contribuírem com meu crescimento.

A melhor maneira que a gente tem de fazer amanhã alguma coisa que não é possível de ser feita hoje, é fazer hoje aquilo que hoje pode ser feito. Mas se eu não fizer hoje o que hoje pode ser feito e tentar fazer hoje o que hoje não pode ser feito, dificilmente eu faço amanhã o que hoje também não pude fazer.

Paulo Freire

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo principal investigar conhecimentos mobilizados por estudantes no desenvolvimento de projetos de robótica. Para fundamentar a discussão acerca da robótica, nos respaldamos nos trabalhos de Maffi, Rodrigues, Oro, entre outros. O suporte teórico para as discussões sobre tecnologias foi fornecido por estudos de pesquisadores, como Kenski, Bittar, Resnick, Bacich e Moran. Para a produção e coleta de dados desta pesquisa foi utilizada a abordagem qualitativa e para isso foram utilizados recursos como filmagem, gravação de áudios, entrevistas e registros escritos. As reuniões do time de robótica da escola produziram os dados para as análises das praxeologias desenvolvidas pelos alunos durante a execução de tarefas, respaldada na Teoria Antropológica do Didático, desenvolvida por Chevallard (1992). As análises permitiram inferir que o trabalho desenvolvido com os estudantes teve características que se assemelham ao paradigma questionamento do mundo, mesmo que em algumas situações os estudantes realizavam visita às obras. Com a pesquisa, buscamos promover um espaço de mobilização de conceitos em momentos de estudo, de reflexão, de aprendizado e de diversão com a utilização das tecnologias. Por fim, com a proposta de utilização de robótica para o favorecimento da mobilização de conceitos e também da autonomia dos estudantes, foi possível perceber que estes emergem e que é possível aprofundá-los e formalizá-los para contribuir com a aprendizagem dos estudantes de forma lúdica, permitindo a construção de conhecimentos de modo significativo e prazeroso.

Palavras-chave: Didática da matemática; Questionamento do mundo; Visita às obras; Programação; Robótica.

ABSTRACT

This research had as main objective to investigate knowledge mobilized by students in the development of robotics projects. To support the discussion about robotics, we rely on the works of Maffi, Rodrigues, Oro, among others. Theoretical support for technology discussions was provided by studies by researchers, such as Kenski, Bittar, Resnick, Bacich and Moran. For the production and data collection of this research, the qualitative approach was used and for that, resources such as filming, audio recording, interviews and written records were used. The meetings of the school's robotics team produced the data for the analysis of the praxeologies developed by the students during the execution of tasks, supported by the Anthropological Theory of Didactics, developed by Chevallard (1992). The analyzes allowed to infer that the work developed with the students had characteristics that are similar to the questioning paradigm of the world, even though in some situations the students visited the works. With research, we seek to promote a space for the mobilization of concepts in moments of study, reflection, learning and fun with the use of technologies. Finally, with the proposal to use robotics to favor the mobilization of concepts and also the autonomy of students, it was possible to realize that they emerge and that it is possible to deepen and formalize them to contribute to students' learning in a playful, allowing the construction of knowledge in a meaningful and pleasurable way.

Keywords: Didactics of mathematics; Questioning of the world; Visit to the works; Programming; Robotics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Kit LEGO® MINDSTORMS 9797® NXT	28
Figura 2 – Exemplos de disposição de linhas no ambiente	34
Figura 3 – Espaços máximos e mínimos que podem ser ocupados por um obstáculo	36
Figura 4 – Percurso de Estudo e Pesquisa	55
Figura 5 – Página inicial do <i>software</i> de programação	57
Figura 6 – Software de programação	57
Figura 7 – Elementos básicos do programa	58
Figura 8 – Controlador (NXT Window)	59
Figura 9 – Seguidor de linha /Grupo 2.....	65
Figura 10 – <i>Switch</i>	68
Figura 11 – Sensor de luz	69
Figura 12 – Programação dos motores	70
Figura 13 – Programação Motor B	71
Figura 14 – Sensor de luz (Função cor)	72
Figura 15 – Motores	73
Figura 16 – Motor B com força 10	74
Figura 17 – Motor B com força 50.	74
Figura 18 – Mapa das questões e respostas do "Seguidor de linha"	77
Figura 19 – Robô que contorna obstáculos/Grupo 2	80
Figura 20 – Programação do compasso robótico	81
Figura 21 – Esboço do contorno da cadeira	82
Figura 22 – 1º programação para o contorno da cadeira	84
Figura 23 – Posição inicial do robô para contornar a cadeira.....	85
Figura 24 – 2ª programação para o contorno da cadeira	86
Figura 25 – Mapa das questões e respostas do "Robô que contorna obstáculos grandes"	87
Figura 26 – Robô de desvia de obstáculos.....	90
Figura 27 – Programação dos motores	91
Figura 28 – Programação do sensor ultrassônico	92
Figura 29 – Motores parados.....	92
Figura 30 – Programação para virar 90°.....	93

Figura 31 – Programação completa do robô que desvia de obstáculos	94
Figura 32 – Mapa de questões e respostas do "Robô que desvia de obstáculos pequenos"	96
Figura 33 – Robô Competidor	98
Figura 34 – Sensor de luz do robô competidor	99
Figura 35 – Esboço da programação do robô competidor.....	100
Figura 36 – Programação do Sensor de cor do robô competidor	101
Figura 37 – Programação dos motores do robô competidor	102
Figura 38 – Programação do sensor ultrassônico	103
Figura 39 – Programação para desviar do obstáculo	104
Figura 40 – Programação completa do competidor	104
Figura 41 – Mapa de questões e respostas do "Robô Competidor"	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Datas dos encontros.....	61
Quadro 2 - Organizações praxeológicas da montagem do "Seguidor de linha"	76
Quadro 3 - Organizações praxeológicas da montagem do "Robô que contorna obstáculos"	86
Quadro 4 - Organizações praxeológicas da montagem do "Robô que desvia de obstáculos pequenos"	95
Quadro 5 - Organizações praxeológicas do "Robô Competidor"	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DDMat	Grupo de Estudos em Didática da Matemática
OBR	Olimpíada Brasileira de Robótica
OM	Organização matemática
OD	Organização didática
PROGETEC	Professora Gerenciadora de Tecnologias Educacionais e Recursos Midiáticos
SESI	Serviço Social da Indústria
TAD	Teoria Antropológica do Didático
TCC	Teoria dos Campos Conceituais
TDIC	Tecnologias Digitais de informação e Comunicação
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	JUSTIFICANDO A PESQUISA	16
2.1	Tecnologia	16
2.2	TDIC e Educação	18
2.3	Programação	23
2.4	Robótica	25
2.4.1	Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR)	29
3.	ESCOLHAS TEÓRICAS E METODOLÓGICAS	37
3.1	Objetivos.....	37
3.2	Teoria Antropológica do Didático – TAD.....	39
3.3	Os paradigmas “questionamento do mundo” e “visita às obras”	44
3.4	As Dialéticas.....	46
3.4.1	A dialética mídia-meio.....	48
3.4.2	A dialética individual-coletivo	49
3.4.3	A dialética estudo-pesquisa	50
4.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	52
4.1	O Percurso de Estudos e Pesquisa (PEP)	54
4.2	O Lego NXT.....	56
4.3	Os sensores	59
5.	OS PROJETOS REALIZADOS.....	61
5.1	Montagem: Robô seguidor de linha.....	62
5.2	Montagem: Robô que contorna obstáculos	78
5.3	Montagem: Robô que desvia de obstáculos pequenos	87
5.4	Montagem: Robô Competidor.....	96
	CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS	108
	REFERÊNCIAS.....	112
	APÊNDICE A: Descrição dos tipos de tarefas	117
	APÊNDICE B: Descrição das tarefas	118
	APÊNDICE C: Descrição das técnicas	119

1. INTRODUÇÃO

Criar não é um jogo mais ou menos frívolo. O criador meteu-se numa aventura terrível que é a de assumir ele próprio, até o fim, os perigos que enfrentam as suas criações.
Jean Genet

Muito antes da formação acadêmica, o desejo de ser professora já estava despertado em mim. Meu pai tinha feito um quadro negro para minha sala de aula improvisada onde eu colocava minhas irmãs mais novas em cadeiras para que pudessem ser minhas alunas. Ali, naquela brincadeira, surgia a esperança de poder proporcionar, por meio da educação, a possibilidade de igualdade de oportunidades, talvez até inconscientemente. Com o passar dos anos, um diploma na mão e as dificuldades que os professores em geral enfrentam diariamente para alcançar seus objetivos, deparei-me com a realidade de que não poderia proporcionar esta igualdade para todos, porém isto não me impediu de tentar trazer para a realidade na qual estou inserida, propostas que viabilizem diminuir as diferenças.

Na inocência da minha infância eu acreditava que dar aula era transmitir o que havia aprendido. Tive oportunidades durante minha vida profissional de perceber que transmitir conhecimento não me tornava uma boa professora, então tomei a decisão de buscar outras estratégias. Tudo isso surgiu depois de um período de atuação em escolas públicas e em escolas particulares. Inevitavelmente as comparações são feitas e comecei a perceber a diferença de oportunidades que ambos os públicos têm. Veio então o desejo de trazer para os estudantes das escolas públicas algumas das oportunidades que os alunos das escolas particulares têm.

Passei um período curto trabalhando na Escola do Serviço Social da Indústria (SESI) de Campo Grande onde tive meu primeiro contato com robótica. Em alguns momentos notei o encantamento da aplicação dos conceitos matemáticos na construção de um robô, na programação. Esse encantamento proporciona uma abertura para o entendimento dos conceitos que estavam em jogo na situação.

Mas os caminhos me levaram de volta à escola pública e lá senti necessidade de trazer a robótica para que os estudantes também pudessem ter esse encantamento. Durante algum tempo as burocracias me impediram de iniciar esse trabalho, porém, por meio de parcerias, contatos particulares e apoio da escola,

consegui um empréstimo de 2 Kits Lego, e finalmente, em 2018 o trabalho com robótica iniciou. Os estudantes participavam das reuniões no contra turno, o que possibilitou trabalhar apenas com os alunos que desejavam.

Esses estudantes são, em sua maioria, oriundos de famílias humildes; alguns não possuem acesso a computadores nem a internet fora do ambiente escolar. Proporcionar a eles momentos de estudo, de reflexão, de diversão, de aprendizado com a utilização das tecnologias me causou grande satisfação.

Além do sentimento de querer proporcionar tudo isto aos estudantes, sentia também necessidade de estudar. Por diversas vezes, durante alguns anos, ensaiei a entrada no Grupo de Estudos em Didática da Matemática¹ (DDMat), da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Finalmente, no ano de 2017, fiz um compromisso com a minha formação e iniciei as participações no DDMat. Das discussões no grupo, e de todo o contexto anterior, um questionamento se tornou o propulsor desta pesquisa: *Quais conhecimentos são mobilizados e como se desenvolvem durante a execução de projetos de robótica?*

Nosso objetivo é investigar conhecimentos mobilizados por alunos no desenvolvimento de projetos de robótica. Para isso, pretendemos identificar conhecimentos dos estudantes ao longo da pesquisa; descrever e analisar estratégias utilizadas pelos alunos ao longo do desenvolvimento dos projetos; e analisar os meios, materiais ou não, mobilizados pelos alunos durante o desenvolvimento de projetos de robótica. Para este estudo trabalhamos com a teoria antropológica do didático, desenvolvida por Yves Chevallard e colaboradores.

Nosso trabalho será apresentado em seis capítulos, iniciados por essa introdução. No segundo capítulo buscamos justificar a pesquisa, apresentando alguns aspectos sobre as tecnologias, a programação e a Robótica, como recursos didáticos que podem favorecer o desenvolvimento da aprendizagem. Para isso trazemos características da robótica, a possibilidade do seu uso no âmbito educacional, bem como a apresentação e exploração dos materiais utilizados em nossa pesquisa.

Posteriormente, no terceiro capítulo trazemos as escolhas teóricas e metodológicas que respaldam nosso trabalho, os objetivos da pesquisa e uma

¹ Grupo de estudos da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) que "tem como foco central de estudo fenômenos didáticos cuja problematização considera como elemento central o saber matemático." <<https://grupoddmat.pro.br/>>

discussão sobre a Teoria Antropológica do Didático (TAD), apresentando conceitos elementares da teoria, como o de instituição, pessoa, sujeito, relação pessoal, quarteto praxeológico e os paradigmas visita às obras e questionamento de mundo. As dialéticas mídia-meio, individual-coletivo e estudo-pesquisa são apresentadas em sessões deste capítulo.

No quarto capítulo apresentamos os procedimentos metodológicos e alguns dos principais componentes do Kit LEGO NXT 9797 utilizados na pesquisa. No quinto capítulo, trazemos os projetos, as montagens e as análises realizadas dos dados produzidos durante a execução dos projetos de robótica com os estudantes da escola. Por fim, trazemos as considerações finais e perspectivas desta pesquisa.

2. JUSTIFICANDO A PESQUISA

Uma linguagem de programação assemelha-se a uma língua natural, humana, na medida em que favorece certas metáforas, imagens e maneiras de pensar.
Seymour Papert

Neste capítulo apresentamos alguns aspectos sobre as tecnologias, a programação e a Robótica como recursos didáticos que podem favorecer o desenvolvimento da aprendizagem. Para isso trazemos características da robótica, a possibilidade do seu uso no âmbito educacional, bem como a apresentação dos materiais utilizados em nossa pesquisa.

2.1 Tecnologia

Na sociedade atual a palavra tecnologia tornou-se muito comum e faz referência a diversos equipamentos que utilizamos em nossas ações diárias. Computadores, *tablets*, celulares, televisões e muitos outros produtos são necessários para o desempenho de muitas profissões e para o lazer de muitas pessoas. Contudo, as tecnologias não se resumem a aparelhos eletrônicos, como vemos no excerto a seguir.

As nossas atividades cotidianas mais comuns – como dormir, comer, trabalhar, nos deslocarmos para diferentes lugares, ler, conversar e nos divertimos – são possíveis graças às tecnologias a que temos acesso. As tecnologias estão tão próximas e presentes que nem percebemos mais que são coisas naturais. Tecnologias que resultaram, por exemplo, em lápis, cadernos, canetas, lousas, giz e muitos outros produtos, equipamentos e processos que foram planejados e construídos para que possamos ler, escrever, ensinar e aprender. (KENSKI, 2007, p. 24)

Percebemos que o termo tecnologia não está associado especificamente a computadores. Invenções relacionadas à sobrevivência, ao ato de resolver problema e às necessidades humanas, garantiram a criação das mais diversas tecnologias.

O avanço destas tecnologias aconteceu de forma natural. A descoberta de muitas delas nem sempre partiu de uma necessidade específica, surgiram da busca

de outros produtos, como é o caso do medidor de pressão arterial e da asa-delta como nos casos citados por Kenski,

[...] os aparelhos automáticos para medir pressão arterial encontrados nas portas das farmácias são a evolução de equipamentos desenvolvidos para astronautas, que precisavam de sistemas práticos para avaliar a saúde no espaço. A válvula de um novo tipo de coração artificial foi inspirada em uma bomba de combustível de foguetes. Marca-passos são monitorados graças à mesma tecnologia utilizada em satélites. E até a Fórmula 1, famosa por ser uma grande fonte de tecnologia, copiou dos trajes espaciais os macacões antichamas de seus pilotos. Detectores de fumaça e de vazamento de gás, tão comuns em construções hoje em dia, vieram de pesquisas de similares que equipam veículos espaciais. Também é graças ao espaço que os ortodontistas contam hoje com o Nitinol, uma liga que, por ser maleável e resistente, é muito empregada na fabricação de satélites e que agora também compõe os “araminhos” de muitos aparelhos ortodônticos. E até a asa-delta, quem diria, não foi invenção de esportistas, mas de Francis Rogallo, projetista da Nasa, que desenvolveu o aparato para guiar espaçonaves depois da reentrada na atmosfera. O inventor não imaginava que sua obra iria fazer muito mais sucesso como esporte, modalidade inaugurada na década de 70 (REYNOL, 2004 *apud* KENSKI, 2007, p. 15).

Todo esse avanço ocorreu em função de uma necessidade, fruto de intensas pesquisas, que proporcionam, muitas vezes, desde o combate a uma enfermidade até a satisfação de saltar de asa-delta.

A evolução de tudo que encontramos à nossa disposição atualmente, inclusive a educação, reforça a intenção da humanidade de desenvolver-se cada vez mais. Segundo Kenski (2007, p.18) “Em um momento caracterizado por mudanças velozes, as pessoas procuram na educação escolar a garantia de formação que lhes possibilite o domínio de conhecimentos e melhora da qualidade de vida.” Isso fica mais evidente, quando observamos a relação existente entre o conhecimento e a tecnologia.

A educação também é um mecanismo poderoso de articulação das relações entre poder, conhecimento e tecnologias. Desde pequena, a criança é educada em um determinado meio cultural familiar, onde adquire conhecimentos, hábitos, atitudes, habilidades e valores que definem a sua identidade social. A forma como se expressa oralmente, como se alimenta e se veste, como se comporta dentro e fora de casa são resultado do processo educacional na família e no meio em que vive. Da mesma forma, a escola também pode exercer poder em relação aos conhecimentos e ao uso das tecnologias que farão a mediação entre professores, alunos e os conteúdos a serem apreendidos. (KENSKI, 2007, p. 18)

Essas relações possibilitaram o desenvolvimento da humanidade, pois, foi por meio da evolução de cada tecnologia, criada para a sobrevivência das primeiras civilizações, que nos tornamos a sociedade que somos. Segundo Kenski (2007, p. 22) “O avanço científico da humanidade amplia o conhecimento sobre esses recursos e cria permanentemente “novas tecnologias”, cada vez mais sofisticadas.”.

É importante esclarecer que as tecnologias não estão limitadas a objetos físicos, podendo também estar relacionadas à linguagem, conhecidas por Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), capazes de utilizar diversos tipos de linguagem para a comunicação².

A seguir vamos focar nossa discussão sobre a relação entre as TDIC e a educação.

2.2 TDIC e Educação

Com os avanços tecnológicos produzidos pela humanidade no decorrer dos tempos, foi possível presenciar diversas mudanças na vida das pessoas. As TDIC fazem parte do cotidiano da maioria delas; uma demonstração disso foi à inserção de forma tão natural em suas diversas atividades, seja de lazer, em redes de bate-papo, em sistemas de empresas, dentre outras. Por outro lado, observa-se que esse avanço, que ocorre rapidamente em espaços diferentes da sala de aula, não acontece com a mesma velocidade no espaço escolar.

São vários fatores que travam essa adequação, como: falta de estrutura nas escolas, ausência de criação de políticas públicas mais eficientes, formação inicial ou continuada de professores, que não incentivam a reflexão quanto ao uso das TDIC nas aulas.

Apesar disso, nas aulas de matemática é possível proporcionar aos estudantes o uso das TDIC. Mesmo algumas tecnologias tendo sido desenvolvidas para outros fins que não envolvem a educação, acabaram sendo utilizadas na

² Nossa pesquisa utilizou de recursos tecnológicos, como kit de robótica Lego NXT 9797 e computadores, que utilizam destas linguagens, especialmente da linguagem de programação, sendo assim, a partir de agora passaremos a nos referir às tecnologias por TDIC.

educação e se tornaram objeto de estudo de diversas pesquisas, como é o caso do Excel.

Jesus (2018) em sua pesquisa sobre o uso de planilhas do Excel aplicadas a tópicos de geometria analítica apresenta uma “[...] introdução ao uso do computador como uma das “Tecnologias da Informação e Comunicação - TIC” na educação matemática e dentro desta perspectiva, a utilização do software para criação de planilhas eletrônicas, na versão “Excel 2016” (JESUS, 2018, p. 10).

O trabalho trouxe alguns exemplos de como utilizar a planilha do Excel para resolver problemas de Geometria Analítica. Seu objetivo principal era mostrar que o Excel pode ser utilizado pelo professor como ferramenta de ensino e pelo estudante como facilitador da aprendizagem. Este é um exemplo de uma tecnologia que não foi desenvolvida com propósito educacional, mas que pode ser utilizada para esse fim.

Outras tecnologias, porém, foram desenvolvidas para a educação e são utilizadas em sala de aula das mais diversas maneiras, dependendo da escolha do professor. É necessário analisar a razão pela qual determinada tecnologia está sendo utilizada, de modo que tenha significado para o estudante, ocasionando situações diferentes daquelas vivenciadas no ambiente papel e lápis.

[...] a simples existência dessas novas tecnologias num processo didático-pedagógico, não o torna mais rico, estimulante, desafiador e significativo para o aprendiz. Não saber adequar o uso pedagógico das novas tecnologias, significa permanecer tradicional usando novos e emergentes recursos. (SENA DOS ANJOS, 2008, p.573).

Pesquisas como de (MAGALHÃES, 2004; RAIMUNDO, 2017; RUIS, 2018; SILVA, 2018) relacionadas às tecnologias constata a necessidade de formação dos professores para que haja resultados mais significativos na aprendizagem dos alunos.

Bittar (2011) traz uma investigação quanto à apropriação da tecnologia pelo professor de matemática e sua utilização em sua prática pedagógica. A partir de experiências com formação de professores esta autora percebeu que é necessário certo conhecimento do *software* que se pretende utilizar, tanto do ponto de vista do seu funcionamento como do ponto de vista dos objetos que ele permite tratar. Toda a discussão foi subsidiada por meio da abordagem instrumental, desenvolvida por Rabardel (1995), teoria apoiada em conceitos da psicologia e na Teoria dos Campos

Conceituais (TCC) (VERGNAUD, 1990), com especial atenção em distinguir a inserção da integração das tecnologias nas práticas dos professores.

[...] é importante explicitar a distinção que fazemos entre o professor inserir e integrar o computador em sua prática pedagógica. Inserir um novo instrumento na prática pedagógica significa fazer uso desse instrumento sem que ele provoque aprendizagem, usando-o em situações desconectadas do trabalho em sala de aula. Assim, a tecnologia é usada como um instrumento extra, um algo a mais que não está de fato em consonância com as ações do professor. Isso é o que acontece na maioria das vezes que um professor leva seus alunos ao laboratório de informática. A integração desse instrumento na prática pedagógica do professor significa que ele passa a fazer parte do arsenal de que o professor dispõe para atingir seus objetivos. Implica em fazer uso do instrumento de forma que este contribua com o processo de aprendizagem do aluno, que lhe permita compreender, ter acesso, explorar diferentes aspectos do saber em cena (BITTAR, 2011, p. 159).

Para que possamos compreender o processo de integração das TDIC na educação, devemos observar os papéis dos envolvidos e o seu engajamento com as tecnologias. Secretarias de educação, escolas, professores, estudantes, são diversos os atores que permeiam as discussões sobre a utilização das TDIC na educação. Não vamos nos aprofundar na discussão sobre a necessidade de integração³ das tecnologias nas aulas por não ser o foco de nossa pesquisa, porém cremos ser importante ao menos mencionar esta reflexão.

É importante deixar claro que somente a utilização de TDIC não garante o sucesso da educação, contudo, pode contribuir com o desenvolvimento da aprendizagem. Segundo Bittar (2010, p. 217) “Diversas pesquisas mostram que a tecnologia pode constituir um instrumento capaz de contribuir significativamente com a aprendizagem dos alunos”. Porém, a utilização das tecnologias nas aulas ainda não acontece.

Em geral, os principais argumentos utilizados por professores ou diretores de escola, ou mesmo pesquisadores para esse fato, concentram-se em torno de dois motivos: falta de material e de condições adequados (salas, computadores, *softwares*, ...) e falta de preparo dos professores (BITTAR, 2011, p.158).

Mesmo assim, a utilização das TDIC é de suma importância e o professor, assumindo o papel daquele que problematiza uma situação e auxilia o estudante a

³ O trabalho citado (BITTAR, 2011) traz algumas discussões sobre o *processo de integração* da tecnologia pelo professor em sua prática pedagógica. Cabe ao leitor, que tiver maior interesse no processo de integração das tecnologias nas aulas, remeter-se à referência.

buscar a solução de maneira autônoma, deve incentivar os estudantes a recorrer às TDIC com o intuito de buscar mais informações, levantar hipóteses e tirar conclusões, já que os estudantes, segundo Prensky

[...] representam as primeiras gerações que cresceram com esta nova tecnologia. Eles passaram a vida inteira cercados e usando computadores, vídeo games, tocadores de música digitais, câmeras de vídeo, telefones celulares, e todos os outros brinquedos e ferramentas da era digital⁴ (PRENSKY, 2001, p.2, tradução nossa).

Como já mencionado, são diversas as atividades do cotidiano em que os estudantes recorrem às TDIC, inclusive para a diversão. De certa forma esta função é importante para o seu desenvolvimento.

Segundo Resnick (2007) divertir-se e aprender são ações que podem e devem estar intimamente ligadas, pois incentivam buscar novos conhecimentos, desenvolver ideias e testar seus limites e, talvez o mais importante, gerar novas ideias a partir de suas experiências (ORO, et al., 2015, p.5).

É necessário também manter-se atento para os desafios provocados pela utilização das TDIC na educação, mencionada anteriormente.

As tecnologias digitais trazem inúmeros problemas, desafios, distorções e dependências que devem ser parte do projeto pedagógico de aprendizagem ativa e libertadora. No entanto, esses problemas que as tecnologias trazem não podem ocultar a outra face da moeda: é absurdo educar de costas para um mundo conectado, educar para uma vida bucólica, sustentável e progressista baseada só em tempos e encontros presenciais e atividades analógicas (que são, também, importantes) (BACICH; MORAN, 2018, p.11).

Na realidade que vivemos podemos perceber o quanto as TDIC nos desafiam e muitas vezes podem nos causar preocupações e transtornos. *Smartphones*, *tablets* e computadores, entre outros, sendo utilizados de diversas formas para variados fins, onde a partir de um *clíc* ou simplesmente uma gravação de áudio se faz uma busca, obtendo variadas e profusas respostas.

Nesse sentido é possível usufruir deste potencial, de quantidade de informações, para ampliar o espaço escolar utilizando das TDIC, como afirma Kenski

⁴ [...] represent the first generations to grow up with this new technology. They have spent their entire lives surrounded by and using computers, videogames, digital music players, video cams, cell phones, and all the other toys and tools of the digital age.

As tecnologias garantem às escolas a possibilidade de se abrir e oferecer educação para todos, indistintamente, em qualquer lugar, a qualquer tempo. O uso intensivo das mais novas tecnologias digitais e das redes transforma as dimensões da educação e dá à escola 'o tamanho do mundo' (KENSKI, 2007, p. 124).

Oferecer acesso às TDIC, e isso inclui a internet, pode abrir a escola para diversas possibilidades de inserir seus estudantes e professores no mundo. De acordo com Bittar,

A rede de internet oferece aos professores e alunos a possibilidade de ter o mundo em sala de aula; o aluno pode conhecer museus, países e diversas culturas sem sair da escola. A internet, associada aos recursos de multimídia, amplia o campo de ação do professor e, conseqüentemente, o universo do aluno (BITTAR, 2010, p. 217).

Vejamos o caso de uma aula com a utilização de jogos. Inicialmente o professor pode dispor desta ferramenta para trazer o conceito, permitindo ao estudante a possibilidade de utilizar seus conhecimentos prévios para avançar no jogo, de modo que novos conceitos possam ser mobilizados e posteriormente apresentar de maneira formal o conceito a ser trabalhado.

Para que experiências como essa possam ser desenvolvidas, além de equipamento tecnológico os professores necessitam “conhecer as tecnologias disponíveis e estudar possibilidades de uso dessa ferramenta como mais um recurso didático para o processo de aprendizagem” (BITTAR, 2010, p. 220). Neste trabalho a autora apresenta alguns softwares utilizados na educação, suas características técnicas e didáticas, bem como o relato de uma experiência realizada com estudantes de Campo Grande sobre suas dificuldades ao resolver problemas com equações e inequações. A experiência tinha o objetivo de promover a autonomia dos estudantes de modo que se tornassem responsáveis pelo seu aprendizado (BITTAR, 2010).

Em nossa pesquisa, buscamos proporcionar aos estudantes algo semelhante, em que tivessem autonomia para experimentar, descobrir e aprender, por meio de desafios propostos pela pesquisadora. Para isto utilizamos um kit de robótica, composto por peças Lego *Mindstorms NXT 9797* e o software de programação do bloco programável que acompanha o kit. Acreditamos que este kit favorece o desenvolvimento de atividades que representem desafios para os estudantes e, dada à característica deste material, os erros ou acertos podem ser identificados no momento em que testavam a programação do robô. As peças que compõem o kit,

seu funcionamento e suas especificações estão descritas no item 2.4. deste capítulo.

Nossa hipótese é que as tecnologias podem promover avanços no aprendizado, por meio da experimentação, autoria, construção, criatividade e pesquisa, como é o caso da programação (RESNICK, 2013; ORO et al., 2015; ORO; PAZINATO; TEIXEIRA, 2016). É o que discutiremos na próxima seção.

2.3 Programação

A programação privilegia a utilização de conceitos de diferentes campos, muitas vezes de modo implícito, na construção de algoritmos desenvolvidos para a resolução de problemas ou de desafios propostos aos estudantes. Segundo Resnick,

[...] no processo de aprender programação, as pessoas aprendem muitas outras coisas. Eles não estão apenas aprendendo a programar, eles são programando para aprender. Além de aprender ideias matemáticas e computacionais (tais como variáveis e condicionantes), eles também estão aprendendo estratégias para a resolução de problemas, elaboração de projetos e a comunicar ideias. Essas habilidades são úteis não apenas para cientistas da computação, mas para todos, independentemente da idade, interesse ou ocupação (RESNICK, 2013, *apud*, ORO, 2016, p. 16).

Programar auxilia a desenvolver o raciocínio lógico e a promover a estruturação do pensamento, possibilitando a elaboração de hipóteses e/ou resolução de problemas. O raciocínio lógico demanda capacidade de organização do pensamento, requisito necessário para a programação de aplicativos, *software*, jogos, animações ou até mesmo robôs.

No caso da matemática, a programação e a robótica aparecem como recursos para o desenvolvimento da competência 2 da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que trata de “Desenvolver o raciocínio lógico, o espírito de investigação e a capacidade de produzir argumentos convincentes, recorrendo aos conhecimentos matemáticos para compreender e atuar no mundo.”, competência específica de matemática para o ensino fundamental (BRASIL, 2017, p.265).

Na área de Linguagens, a programação pode contribuir com o desenvolvimento da competência 6

Compreender e utilizar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares), para se comunicar por meio das diferentes linguagens e mídias, produzir conhecimentos, resolver problemas e desenvolver projetos autorais e coletivos (BRASIL, 2017, p. 63).

Ciências da natureza, também em sua competência 6, propõe a utilização de linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação para “acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas das Ciências da Natureza de forma crítica, significativa, reflexiva e ética” (BRASIL, 2017, p. 322).

E na área de Ciências Humanas as TDIC aparecem para

Utilizar as linguagens cartográfica, gráfica e iconográfica e diferentes gêneros textuais e tecnologias digitais de informação e comunicação no desenvolvimento do raciocínio espaço-temporal relacionado a localização, distância, direção, duração, simultaneidade, sucessão, ritmo e conexão (BRASIL, 2017, p. 355).

Todas as áreas trazem competências que podem ser desenvolvidas com o auxílio da robótica especialmente durante o processo de programação. Resolver problemas, solucionar desafios, desenvolver estratégias para identificar e eliminar erros, compartilhar ideias, são as diversas possibilidades encontradas nos trabalhos sobre robótica, especialmente as relacionadas a matemática, dos quais a programação é utilizada para a aprendizagem.

[...] a programação pode privilegiar a utilização destes conhecimentos informais (orais) na construção de algoritmos necessários para resolução dos problemas [...].
Acreditamos que esse processo sequencial utilizado na elaboração de algoritmos contribua para a compreensão de conceitos, teoremas, conteúdos, etc., da matemática numa situação formal de ensino desta ciência. A partir disso, compreendemos que é possível criarmos estratégias inovadoras dentro do Sistema Escolar privilegiando processos de aprendizagem pela invenção e criação (ORO et al, 2015, p. 18).

Programar aparece como uma possibilidade para aprender conceitos por meio dos algoritmos e é considerada uma técnica de desenvolver sequências lógicas para alcançar um objetivo.

Na verdade, a programação de computadores utiliza muita matemática, que, muitas vezes, não se apresenta da mesma forma que na escola. O estudante, ao programar computadores, aplica seus conhecimentos prévios de matemática, aprende e desenvolve outros conhecimentos necessários à programação, sem saber necessariamente que o está fazendo. Ele tem a compreensão de uma matemática aplicada ao problema que está resolvendo pela programação, mas não chega a ter clareza dessa relação com a matemática escolar (ORO et al., 2015, p. 18).

Diferentemente do processo escolar habitual no qual os estudantes são conduzidos pelo professor à aprendizagem de conteúdos específicos definidos por uma matriz curricular, com a programação e o incentivo à utilização da robótica, os estudantes se deparam com uma nova perspectiva de aprendizagem, na qual em um processo de construção de um robô, ele se vê diante de um novo desafio. A necessidade de medir, de calcular, de utilizar-se de conhecimentos matemáticos, atrelados a outros conhecimentos, se apresentam como fundamentais para o funcionamento do objeto em construção ou a ser programado.

Para trazer aos estudantes a possibilidade de contato com este mundo do qual se utiliza de linguagem de programação para a mobilização de conceitos matemáticos em ambientes diferentes da sala de aula, sugerimos a utilização de robótica. Para isso, é necessário esclarecer o que caracteriza um ambiente de robótica.

2.4 Robótica

Iniciamos esta seção procurando esclarecer como compreendemos a robótica, buscando apoio em alguns trabalhos já realizados no contexto educacional. Para isso, fizemos uma busca no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes, com a finalidade de encontrar trabalhos que pudessem discorrer sobre as implicações de robótica para o ensino. Dos diversos trabalhos encontrados, selecionamos dois (RODRIGUES, 2015; MAFFI, 2018) por apresentarem características que permitiriam contribuir com o desenvolvimento desta pesquisa.

Rodrigues (2015) traz em seu trabalho uma pesquisa realizada no desenvolvimento de atividades com robótica educacional com estudantes do ensino

fundamental – anos finais, em que foram utilizados kits de robótica LEGO® Zoom Mindstorms® nas aulas de matemática.

[...] o uso da robótica utilizando especificamente os materiais da LEGO® Zoom Mindstorms®, desenvolvido especialmente para fins pedagógicos, como um instrumento potencializador de aprendizagem em matemática aos alunos do 6º ao 9º Anos do Ensino Fundamental para ser trabalhado o conceito de fração (RODRIGUES, 2015, p.17-18).

Já a pesquisa de Maffi (2018) trouxe uma proposta com apresentações de situações problema desafiadoras para que os estudantes as desenvolvessem em grupo, em que suas soluções sejam apresentadas por meio de protótipos robóticos.

No desenvolvimento das atividades de robótica, os estudantes experimentam a aplicação de conceitos de forma prática e relacionados com situações do cotidiano. Além disso, buscam construir conceitos de Matemática e relacioná-los com as demais áreas do conhecimento (MAFFI, 2018, p.11).

Maffi (2018, p.11) buscava responder à seguinte questão de pesquisa: “Quais as repercussões da integração da robótica educacional nos processos de ensino e aprendizagem de Matemática?”. Algumas das inquietações da autora relacionadas à implementação da proposta de sua pesquisa referiam-se “[...] ao protagonismo dos estudantes; ao gerenciamento de vários espaços de aprendizagem; ao reconhecimento da importância Matemática para solucionar os problemas propostos nas atividades de robótica [...]” (MAFFI, 2018, p. 12), reflexões que vêm ao encontro de nossa proposta.

Campos (2005) diz que os ambientes de robótica podem ser caracterizados pela utilização de kits compostos por peças de diversas formas, inclusive sucatas, que podem ser empregados para montagem de objetos e programados por meio de computadores.

Lopes (2008, p. 41) define robótica educacional como “um conjunto de recursos que visa o aprendizado científico e tecnológico integrado às demais áreas do conhecimento, utilizando-se de atividades como design, construção e programação de robôs”.

Acreditamos que a robótica pode favorecer o crescimento intelectual do estudante, instigando-o a experimentar, construir, reconstruir, observar e analisar, ou

seja, ser autônomo e criativo. Porém, a literatura aponta que muitas outras habilidades podem ser desenvolvidas nesse processo. De fato, Zilli defende que:

Dentro desta perspectiva, figura a Robótica Educacional, que possibilita ao estudante tomar conhecimento da tecnologia atual, desenvolver habilidades e competências, como: trabalho de pesquisa, a capacidade crítica, o senso de saber contornar as dificuldades na resolução de problemas e o desenvolvimento do raciocínio lógico (ZILLI, 2004, p.13-14).

Para compreender os conceitos de robótica educacional também buscamos apoio no trabalho de Leitão

Definimos robótica educacional como um ambiente de ensino e aprendizagem baseado na construção de um artefato que possui sensores, processador ligado a um software de computador e componentes eletromecânicos de atuação. A este artefato denominaremos robô, cujas características são as de interagir com o meio externo para poder definir uma ação (LEITÃO, 2010, p. 23).

Por acreditar que a robótica contribui com o desenvolvimento de habilidades relacionadas à ciência, tecnologia, pesquisa, criticidade, resolução de problemas e o desenvolvimento do raciocínio lógico, observamos que algumas das competências da BNCC podem ser desenvolvidas ao utilizar a robótica como estratégia metodológica, como é o caso da competência geral da Base de número 2, que trata de

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (BRASIL, 2017, p. 9).

Para podermos prosseguir esta discussão, é possível observar certas convergências que evidenciam diversas contribuições da robótica no campo educacional, destacando a criatividade, a autonomia, a curiosidade, o trabalho em equipe, o desenvolvimento do raciocínio e da capacidade de resolver problemas.

Todas essas contribuições reforçam nossa hipótese de que ao desenvolver projetos de robótica, os estudantes podem mobilizar conhecimentos diversos e de diferentes áreas do conhecimento, inclusive da matemática. Nosso foco principal está voltado a reconhecer os conceitos mobilizados pelos estudantes, porém acreditamos também que a robótica pode favorecer a aprendizagem dos estudantes

por se tratar de experiências que permitam perceber a aplicação de conceitos em situações práticas. Mas como esta ferramenta chegou à escola?

Isto ocorreu há poucas décadas, contudo, a intenção de inserir a programação chegou à educação antes da robótica. Leitão (2010) esclarece que Seymour Papert em conjunto com seus colegas do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), na década de 1960 desenvolveram o *Logo* com a intenção de fomentar uma linguagem de programação para crianças. Nos anos seguintes, o desenvolvimento da robótica tomou mais força.

No final da década de 80 já aconteciam os primeiros congressos sobre robótica na educação, com ênfase no sistema LEGO-Logo. Algumas universidades em nível mundial já começavam a preparação de professores para utilizar a robótica em sala de aula (LEITÃO, 2010, p. 28).

E a robótica vem se desenvolvendo na velocidade em que aplicativos e *software* aparecem a cada dia.

Figura 1 - Kit LEGO® MINDSTORMS 9797® NXT



Fonte: Zilli, Lambert, 2010

Os Kits de robótica utilizados para o desenvolvimento das atividades expostas neste trabalho são do modelo *Mindstorms NXT 9797* (Figura 1) e

LEGO® Mindstorms Education EV3. O Kit NXT 9797, mais utilizado no momento. Tais kits permitem que os estudantes construam e programem soluções robóticas, contendo o NXT Bloco programável, uma programação feita por blocos, e o uso de três motores interativos e sensores ultrassônicos, de som, de luz e de toque. Retomaremos os principais itens do Kit no capítulo 4.

Quanto ao funcionamento do *software* de programação do robô *Mindstorms NXT 9797*, Leitão esclarece:

O Software para o LEGO® MINDSTORMS® NXT permite a programação das aplicações robóticas e dispositivos criados no NXT, podendo a carga deste programa ser realizada pela conexão física via USB ou pela comunicação sem fio via interface Bluetooth. Permite a aquisição de dados, geração de gráficos e tabelas. Tal Software, tanto para o Mac como para o PC, é intuitivo (icônico) e do tipo “clique e arraste”, desenvolvido sobre a plataforma LabVIEW™ da National Instruments™ (LEITÃO, 2010, p. 38-39).

A utilização desses materiais como suporte para as aulas de matemática pode possibilitar, além do encantamento, a aprendizagem de conceitos matemáticos, como: noção de ângulo, comprimento da circunferência, simetria, unidades de medida de comprimento, retas paralelas e perpendiculares, com a prática.

A robótica ganhou espaço na educação, tanto no Brasil quanto no exterior, e um dos eventos que marca sua força é a Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR), sobre a qual discorreremos brevemente a seguir.

2.4.1 Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR)

A Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR) é uma competição de robótica que acontece todos os anos no Brasil desde 2007 e está em sua 13ª edição.

A OBR ocorre desde 2007, atualmente é considerado o maior evento de robótica da América Latina e classifica equipes para a RoboCup, maior evento de robótica do mundo. No ano de 2018 tivemos mais de 156 mil participantes diretos de todos os Estados Brasileiros com mais de 4300 equipes competindo na modalidade prática no país (SITE OBR, 2019).

Visando a disseminação da robótica entre os jovens, a OBR conta com o apoio de diversos órgãos relacionados ao desenvolvimento da pesquisa científica e tecnológica.

A OBR é apoiada pelo Ministério da Educação (MEC), Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e CNPq. Além de contar com o suporte da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) e RoboCup Federation, é coordenado de forma voluntária por um grupo composto por cientistas e doutores na área de robótica e tecnologia das maiores e melhores universidades públicas e particulares do Brasil (SITE OBR, 2019).

Assim como outras competições, a OBR é uma olimpíada com o intuito de difundir conhecimentos sobre robótica, proporcionando desafios para estudantes da educação básica. Busca estreitar as relações entre as universidades com as instituições de educação básica, uma demonstração disso é o apoio recebido por instituições de renome.

A competição possibilita a identificação de estudantes do ensino fundamental, médio ou técnico, de escolas públicas ou privadas, talentosos em robótica de modo que possam ser valorizados e incentivados no desenvolvimento de carreiras científicas e/ou tecnológicas. Isso mostra a importância da OBR em se tratando de espaço para desenvolvimento da pesquisa científica e tecnológica, possibilitado a estudantes da educação básica a aproximação com eventos do porte da RoboCup⁵.

Em se tratando de uma olimpíada, a OBR é organizada de modo que o estudante tenha a possibilidade de participar, mesmo que a escola da qual ele faça parte não possua equipamentos robóticos, como os kits que apresentaremos mais a frente. A olimpíada ocorre em duas modalidades, uma denominada Modalidade Teórica e outra denominada Modalidade Prática.

Quando a escola decide participar da competição na Modalidade Teórica, um professor deve se responsabilizar pelas seguintes ações: inscrição da escola no Sistema Olimpo⁶; divulgação da OBR; inscrição dos estudantes que desejam

⁵ A RoboCup é um evento mundial que permite a disseminação de conhecimentos, experiências e tecnologias. O RoboCup 2020 acontecerá na França. "Cada RoboCup também é ocasião de um Simpósio Internacional, um fórum para a apresentação e discussão de contribuições científicas, abordando uma ampla gama de campos relacionados à pesquisa e educação em robótica e inteligência artificial. Para incentivar o compartilhamento mais amplo possível de conhecimentos sobre aspectos de hardware e software, um foco específico do Simpósio se concentra nos desenvolvimentos "abertos" (código aberto)." Fonte: <https://www.robocup.fr/qu-est-ce-que-c-est>

⁶ O Olimpo é primeiro sistema eletrônico desenvolvido no Brasil voltado especialmente para o gerenciamento de Olimpíadas e Competições Científicas. O Olimpo foi desenvolvido em sua primeira

participar; organização espaço físico; impressão, aplicação e correção das provas; registro do resultado no sistema e envio das 3 melhores notas para a organização geral da OBR.

Na modalidade teórica o estudante participa por meio de realização de prova escrita. “As provas são elaboradas a partir do conteúdo descrito no Manual de Estudos da Modalidade Teórica por professores e pesquisadores de diversas instituições de ensino e disponibilizadas aos aplicadores pela Coordenação da Modalidade Teórica” (SITE OBR, 2019).

Os professores também estão convidados a, voluntariamente, propor temas e elaborar questões passíveis de serem utilizadas nas provas teóricas da OBR a qualquer tempo. Essa colaboração voluntária para um banco de questões é independente da participação de estudantes sob sua tutela na olimpíada e tem o objetivo principal de trazer a realidade dos temas, conceitos e níveis sendo trabalhados em sala de aula às avaliações da Olimpíada Brasileira de Robótica (SITE OBR, 2019).

A OBR é dividida por níveis de ensino que vão de 0 a 5. O nível 0 é destinado a estudantes do 1º ano do ensino fundamental, o nível 1 para estudantes do 2º e 3º anos, o nível 2 para os estudantes do 4º e 5º anos, no nível 3 são avaliados estudantes do 6º e 7º anos, o nível 4 é realizado com estudantes do 8º e 9º anos e o nível 5 com os estudantes do ensino médio. É realizada em uma etapa (Fase 1) para os níveis 0-4 e em duas etapas (Fase 1 e 2) para o nível 5 níveis de ensino.

As provas da Fase 1 são aplicadas pelo professor/tutor responsável na própria escola, em uma data definida pela Coordenação Geral da OBR. É permitido ao professor definir o período de aplicação das provas, sem alteração da data. As provas, adaptadas em forma e conteúdo a cada faixa etária, têm de duas a quatro horas de duração conforme o nível.

As provas da Fase 2 são realizadas por estudantes do Nível 5 classificados de acordo com seu desempenho na Fase 1. Um Coordenador de Fase Local, designado pelo Representante Estadual, é responsável por aplicar as provas em uma Instituição-sede regional. O melhor aluno de cada estado neste nível, desde que não tenha tido contato com a robótica na prática, recebe como premiação uma vaga para o minicurso de robótica a ser realizado

durante o evento da Etapa Nacional da Modalidade Prática (SITE OBR, 2019).

Já na modalidade prática, aquela que mais nos interessa para esta pesquisa, a competição é dividida em etapas Regionais e Estaduais, que classificam as equipes de estudantes para etapa Nacional. As equipes inscritas possuem autonomia para definir as características físicas e programações de seus robôs.

Os estudantes realizam montagens e programações antes da competição, pois os robôs são utilizados para executar um percurso elaborado pelas equipes de organização no dia da competição, isto significa que os competidores não têm acesso ao caminho que o robô deverá percorrer antecipadamente. Existem algumas restrições para a elaboração deste percurso que os competidores têm acesso antecipado no “Manual de regras e instruções da modalidade prática”, e estão descritos brevemente a posteriormente.

Normalmente as equipes se reúnem constantemente para que possam montar e programar antecipadamente os robôs, de preferência durante todo o ano que antecede a competição em que pretendem se inscrever. Contudo, por mais que saibam algumas das características do percurso, o formato dos obstáculos, e de outros desafios que surgirão na competição, não há possibilidade de montar e programar no momento da prova, visto que não há tempo hábil para isto e que os robôs devem locomover-se de forma autônoma, ou seja, sendo guiados pela programação de sensores.

Este percurso é repleto de desafios, e os sensores devem antecipar as ações do robô, impedindo-o de sair do caminho, ou de esbarrar em obstáculos, ou ainda de parar de se movimentar devido a algo que reduza bruscamente sua velocidade.

Nesta modalidade, os estudantes também são divididos por níveis, considerando estudantes do 1º ao 8º ano para o nível 1 e do 8º ao ensino médio para o nível 2 (segundo o manual de regras e instruções, os estudantes do 8º ano podem participar dos dois níveis). Para o ano de 2019 um novo nível foi criado, o nível 0, para estudantes de 1º ao 3º ano do Ensino Fundamental.

As equipes devem ter um nome e serem organizadas com participação mínima de 2 e máxima de 4 estudantes. Todos da mesma equipe devem pertencem ao mesmo nível. Cada aluno só pode fazer parte de uma equipe e deve estar vinculado a uma instituição formal de ensino, apesar de que as equipes podem ter estudantes de instituições diferentes.

Para o desenvolvimento desta etapa da OBR, foi elaborada uma simulação de um ambiente de desastre de modo que o resgate das vítimas fosse realizado por robôs, da seguinte forma:

Em um ambiente hostil, muito perigoso para o ser humano, um robô completamente autônomo, desenvolvido por uma equipe de estudantes, recebe uma tarefa difícil: resgatar vítimas sem interferência humana. O robô deve ser ágil para superar terrenos irregulares, transpor caminhos desconhecidos, desviar de escombros e subir montanhas para conseguir salvar as vítimas desse desastre, transportando-as para uma região segura onde os humanos já poderão assumir os cuidados (SITE OBR, 2019).

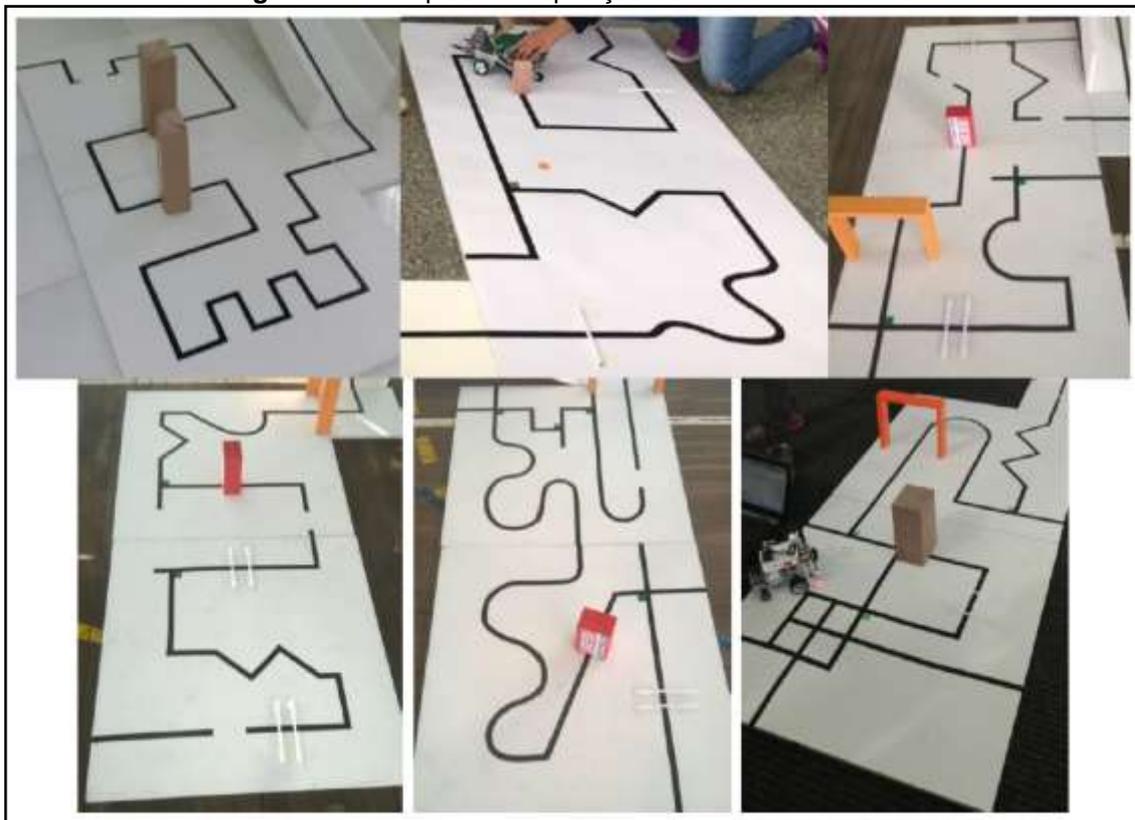
Na prova da modalidade prática são utilizadas arenas com o percurso que deve ser seguido pelo robô. As especificações que estão contidas no manual de instruções para a prova determinam que a arena deva ser construída em madeira e ter três ambientes, sendo que dois desses ambientes estão em um primeiro nível (nível do solo ou térreo) e a sala de resgate em um nível mais elevado (primeiro andar ou segundo nível), com rampa de acesso ligando a área de percurso à sala de resgate.

Redutores de velocidade são representações de terrenos irregulares que devem ser superados, ultrapassar caminhos desconhecidos são representados por gaps na linha, ou seja, partes da arena onde a linha não pode ser reconhecida, desviar de escombros são os obstáculos colocados no meio do percurso e subir montanhas seriam as rampas que cada uma das mesas da competição possui. Após subir essa “montanha”, o robô precisa conseguir salvar as vítimas, que são representadas por bolas de isopor revestidas de papel alumínio ou pintadas de preto, levando-as para um local seguro, consideradas na prova como área de resgate, local este em que as pessoas poderiam assumir os cuidados das vítimas de forma segura.

Como mencionado anteriormente, cada uma das etapas da prova da modalidade prática deve ser pensada no momento da montagem e programação do robô antes da competição, visto que os robôs devem ser montados e programados para funcionar de maneira autônoma durante a prova. Os estudantes inscritos nesta modalidade devem se reunir para definir as características físicas do robô e uma programação por meio de sensores, para que este consiga percorrer **qualquer** trajeto elaborado para a prova.

O trajeto é definido por uma linha preta em 3 salas da arena. Cada arena é dividida em salas e uma rampa. A área do desastre é representada pelas salas com um piso de superfície branca, pintada com tinta fosca ou de MDF branco, sendo de madeira ou de plástico, disposta no chão ou em um local plano. Nele serão colocadas linhas pretas, em fita isolante convencional ou impressas em papel, com 1 a 2 cm de largura, que conduzirão o robô durante parte do percurso, com exceção apenas da área de resgate. Sobre as linhas poderão ser colocados obstáculos, redutores de velocidade ou gaps. É possível observar, na Figura 2, alguns exemplos de como as linhas podem ser dispostas no ambiente preparado para a prova.

Figura 2 - Exemplos de disposição de linhas no ambiente



Fonte: Olimpíada Brasileira de Robótica, 2018.

As equipes têm a possibilidade de demonstrar a eficácia de seu robô mais de uma vez, dependendo do número de inscritos e da quantidade de arenas disponíveis elaboradas pelos organizadores de cada região. É sugerido pelo Manual de regras e instruções que sejam realizadas pelo menos 3 (três) rodadas em 3 (três) arenas diferentes por cada equipe. Em cada uma das rodadas “Os robôs terão um máximo de 5 minutos para completar a tarefa por rodada. O tempo de cada rodada será

marcado pelo juiz” (OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ROBÓTICA, 2018, p. 23). Contudo, antes de cada rodada,

Os organizadores concederão 2 minutos de tempo de calibração exclusivo nas arenas oficiais para cada time imediatamente antes de suas rodadas oficiais. Neste tempo de calibração, não será admitido que o robô execute qualquer teste da pista seguindo a linha, mas sim apenas que execute rotinas de calibração dos sensores, podendo para isto ser posicionado em qualquer parte da arena (OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ROBÓTICA, 2018, p. 23).

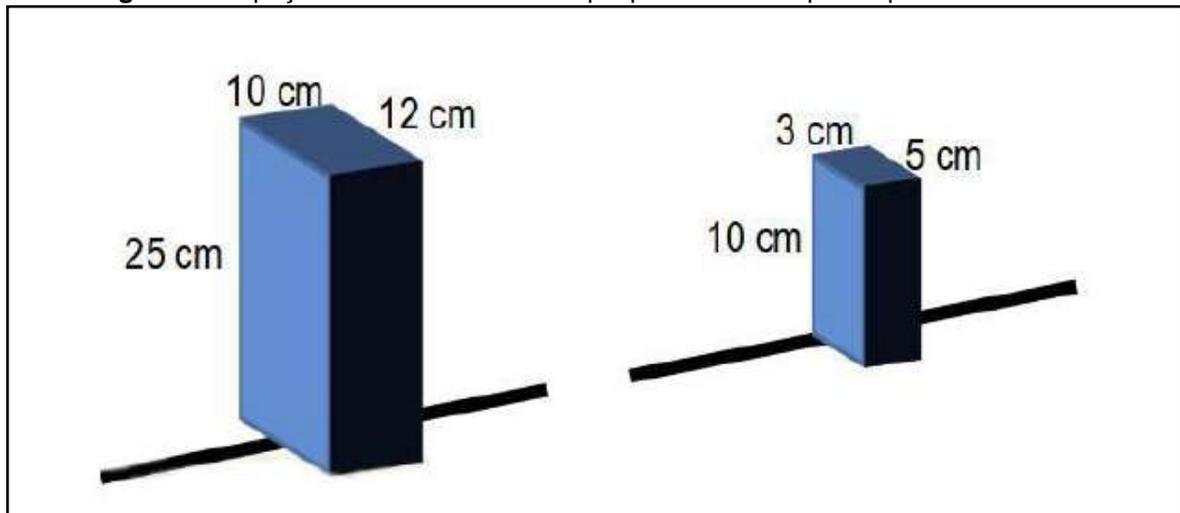
Neste caso, cada equipe possui cerca de 7 (sete) minutos para calibrar e executar a prova. Mesmo que ocorram problemas, como queda do robô, desvio de percurso, entre outros, o cronômetro continua marcando o tempo e os competidores devem concluir a prova a tempo.

Nenhuma das equipes conhece o percurso até o momento da competição. As linhas, que podem ser curvas ou retas, representam um caminho seguro para que o robô percorra até a localização da vítima. Neste percurso o robô deve superar os redutores de velocidade, desviar de obstáculos, superar os gaps, subir a rampa, identificar a vítima e resgatá-la. Ao elaborar o percurso, a organização do evento só deve ficar atenta às condições para a linha que os robôs deverão seguir. Segundo a Olimpíada Brasileira de Robótica (2018, p. 9) “As linhas podem fazer curvas grandes, pequenas, curvas em 90°, retas, ziguezague, círculos, entre outras formas. As linhas não podem formar curvas com angulação menor do que 90°”.

Como dito anteriormente, no percurso da linha preta podem ocorrer obstáculos. Esses estorvos obrigam o robô a sair do seu caminho de modo que precisam ser contornados para voltar para o caminho seguro, a linha preta. Pode haver obstáculos em todo o percurso, com exceção da rampa e da sala de resgate.

Os obstáculos podem possuir tamanhos distintos, mas na regra definida no Manual de regras e instruções, devem ter dimensões mínimas e máximas (Figura 3) e possuir peso suficiente que impeça o robô de deslocá-los ao serem tocados. Pode-se também prendê-los ao piso da arena. Podem ser utilizados pedras ou tijolos para representar o obstáculo, ou ainda caixas de leite UHT cheias de areia ou água.

Figura 3 - Espaços máximos e mínimos que podem ser ocupados por um obstáculo



Fonte: Olimpíada Brasileira de Robótica, 2018.

A prova da OBR nos serviu de inspiração para elaboração dos desafios propostos aos estudantes para a realização desta pesquisa.

3. ESCOLHAS TEÓRICAS E METODOLÓGICAS

*A educação, qualquer que seja ela, é sempre uma teoria do conhecimento posta em prática.
Paulo Freire*

Neste capítulo, apresentamos os objetivos desta pesquisa e conceitos da Teoria Antropológica do Didático considerados essenciais em nossa investigação, tais como algumas características dos paradigmas “questionamento do mundo” e “visita às obras” e as dialéticas mídia-meio, individual-coletivo e estudo-pesquisa.

3.1 Objetivos

As reflexões que fizemos sobre tecnologia educacional e sobre possibilidades da robótica para a aprendizagem da matemática nos permitem elaborar a seguinte hipótese para este trabalho: ambientes de robótica associados a uma postura mediadora, por parte do professor, em que os estudantes são instigados ao questionamento, favorecem a mobilização de conhecimentos. Apoiados nesta hipótese, buscamos responder a seguinte questão de pesquisa: *Quais conhecimentos são mobilizados durante a execução de projetos de robótica?*

Para responder a esta questão definimos como **objetivo geral** *investigar conhecimentos mobilizados por alunos no desenvolvimento de projetos de robótica.*

Acreditamos que ao resolver atividades de programação os alunos mobilizam conceitos básicos que envolvem o funcionamento do robô nas áreas de mecânica, cinemática, automação, hidráulica, informática e inteligência artificial, bem como conhecimentos diversos, por exemplo, linguagem de programação, desenvolvimento linguístico, algoritmos, estruturas condicionais e de repetição, lógica, componentes eletrônicos, velocidade média, força e aceleração. Dentre esses conhecimentos há conhecimentos matemáticos, que podem ser mobilizados implícita ou explicitamente, como por exemplo, resolução de problemas envolvendo ângulos, mudança de direção e operações com ângulos, cálculo de distância, unidades de medidas, simetria, áreas e perímetros.

Acreditamos que a mobilização de conceitos e o aprendizado podem acontecer em qualquer etapa do projeto, desde a montagem até sua programação

para realizar a tarefa solicitada. Analisaremos momentos de mobilização de conceitos com o uso de robótica para alcançar o objetivo da pesquisa.

Ao refletir sobre a escola, podemos dizer que a maioria dos professores espera que os estudantes desenvolvam habilidades que envolvam a teoria e a prática. Contudo, nem sempre os estudantes conseguem perceber a aplicação de conceitos em suas ações diárias. Neste caso, a resolução de problemas pode trazer para a matemática associações com a realidade.

Proporcionar aos estudantes situações em que possam aplicar conceitos matemáticos, mesmo que de forma intuitiva, poderia melhorar a “fama de vilã” que esta disciplina possui no ambiente educacional. Chevallard, Bosch e Gascón discutem a motivação e dificuldades dos estudantes no estudo de matemática, ressaltando:

Muitos dos comportamentos usuais do aluno de matemática (desinteresse, falta de iniciativa própria, enfado, desprezo), que costumam ser descritos como “má vontade” ou “falta de motivação”, deveriam ser considerados de acordo com o que foi dito anteriormente: como uma *consequência*, mais que como *causa* de não ter “entrado” na disciplina matemática (CHEVALLARD; BOSCH, GASCÓN; 2001, p. 135, grifo dos autores).

Acreditamos que ambientes de robótica dentro da escola se apresentam como alternativas que podem proporcionar a mobilização e talvez o aprendizado de conceitos matemáticos de forma prática e divertida, utilizando-se da construção e programação de protótipos. Algumas pesquisas mostram como a robótica pode contribuir com a contextualização, associando teoria e prática (SCHIVANI, 2014; RODRIGUES, 2015) e o aprimoramento das práticas pedagógicas (ZILLI, 2004; RIBEIRO, 2017).

Todas as pesquisas citadas trazem resultados a respeito da utilização da robótica como estratégia que potencializa a aplicação de conhecimentos. Contudo, buscamos também responder as seguintes questões: quais conhecimentos são mobilizados, em um grupo de estudantes de uma escola pública, ao desenvolverem projetos de Robótica? Como esses conhecimentos são mobilizados durante os projetos? Quais estratégias os estudantes utilizam para desenvolver os projetos de robótica? Além disso, qual o papel do professor nesta proposta de trabalho com robótica?

Para atingir o objetivo geral, definimos outros objetivos mais específicos.

Em primeiro lugar, buscamos identificar conhecimentos mobilizados pelos estudantes do 6º ao 9º ano de uma escola pública, em atividades durante o desenvolvimento de projetos de robótica. Fizemos a identificação dos conhecimentos mobilizados a partir de análises praxeológicas pautando-nos na Teoria Antropológica do Didático, desenvolvida por Chevallard (1992). Identificar estes conhecimentos nos permite evidenciar que o espaço escolar possibilita o desenvolvimento de atividades, como a robótica, para proporcionar o estudo de conceitos. Nesse sentido, devemos ainda destacar a importância de observar quais os conhecimentos que o estudante traz para o desenvolvimento de projetos de robótica, mesmo aqueles que não estão diretamente ligados a conhecimentos matemáticos.

Um segundo objetivo específico trata de descrever e analisar estratégias utilizadas pelos estudantes de 6º ao 9º ano de uma escola pública, no decorrer do desenvolvimento dos projetos de robótica. Acreditamos que ao utilizar estratégias para construir e programar robôs, nos momentos de interação nos grupos ou posteriormente ao descrevê-las, permite evidenciar os conceitos mobilizados para desenvolver determinadas ações, afinal, os estudantes têm um conhecimento prévio que deve ser considerado.

Por fim, em nosso último objetivo específico, pretendemos analisar os meios, materiais ou não, mobilizados pelos alunos durante o desenvolvimento de projetos de robótica. Onde e como os alunos procuram informações, matemáticas ou não, necessárias para a construção do robô e sua programação?

Para atingir nossos objetivos e responder nossa questão de pesquisa, trabalharemos com alguns elementos da Teoria Antropológica do Didático (TAD) (CHEVALLARD, 1992) sobre os quais discorreremos na próxima sessão.

3.2 Teoria Antropológica do Didático – TAD

Para Chevallard (1992) toda atividade humana pode ser descrita por meio uma praxeologia que é definida por um quarteto constituído de tipo de tarefas, técnica, tecnologia e teoria. A tarefa representada por t é parte de um tipo de tarefa T de tal modo que podemos escrever que $t \in T$. Uma tarefa normalmente é expressa

por um *verbo* e um *complemento*, por exemplo, *Construir um robô*. É importante observar que somente um verbo não define um tipo de tarefa: *construir* pode significar construir uma casa, um robô, um castelo de cartas, e assim por diante, daí a necessidade do complemento. Tipo de tarefas dizem respeito a um objeto relativamente preciso como é o caso do objeto “*robô*”. T pode ser descrita por “construir um robô”, da qual podemos escrever uma tarefa “ t ”, construir um robô seguidor de linha.

A maneira de fazer ou de realizar determinada tarefa é denominada por técnica e denotada por τ . Na equipe de robótica existe uma técnica ou um grupo de técnicas para desenvolver um dado tipo de tarefa T .

Podemos considerar para esta pesquisa que a técnica será a maneira que o estudante utilizará para executar os desafios propostos a ele. Vejamos o caso da tarefa t : construir um robô seguidor de linha. Os estudantes podem dispor da técnica: colocar duas rodas dianteiras, com motores individuais e uma roda traseira para equilibrar a estrutura, colocando à frente e centralizado um sensor de luz/cor, por exemplo. Utilizando o Kit Lego NXT 9797, que contém peças encaixáveis, rodas, sensores e bloco programável, elegendo a construção do robô que seja capaz de seguir uma linha, ao ser programado.

As técnicas utilizadas têm que ter algum sentido para os estudantes, a robótica pode ser algo novo para muitos deles, mas muitos dos conceitos matemáticos aplicados na resolução dos problemas já são conhecidos por eles. Assim, o trabalho com a robótica é uma oportunidade para eles de aprofundar e re-significar os conceitos utilizados.

Esses dois conceitos, tipo de tarefas e técnica, formam o bloco designado por $[T/\tau]$, denominado bloco “técnico-prático”, identificado por “saber fazer”. Saber fazer o tipo de tarefa T “construir um robô” com determinadas maneiras τ de realizar as tarefas desse tipo, escolher a roda, as peças essenciais desta montagem, os sensores e outros componentes.

A legitimidade das técnicas está no entorno tecnológico-teórico $[\theta, \Theta]$ que os estudantes dispõem ou vão construir para resolver as tarefas. Indicada por θ , a tecnologia⁷ é entendida pelo *discurso racional* sobre a técnica cujo primeiro objetivo

⁷ A palavra tecnologia em TAD não tem o mesmo sentido da que foi utilizada no capítulo 2. Lá tecnologia se refere aos recursos utilizados pelas pessoas pra resolver problemas relacionados às

é *justificar* “racionalmente” a técnica τ , para assegurar-se de que permite realizar as tarefas do tipo T , quer dizer, realizar o que se pretende (CHEVALLARD, 1999). O nível superior de justificação é denominado de *teoria* e representado por Θ : a teoria valida a tecnologia. Uma teoria pode responder (justificar) várias tecnologias.

O bloco tecnológico-teórico $[\theta, \Theta]$ é denominado bloco do “saber”. O quarteto $[T, \tau, \theta, \Theta]$ constitui uma praxeologia, de modo que para um tipo de tarefas, T , encontra-se ao menos uma técnica para realizar a tarefa que é justificada por uma tecnologia e validada pela teoria.

Uma instituição I é definida por Chevallard (2002) como sendo

Um dispositivo social "total", que pode ter uma extensão bastante reduzida pequena no espaço social (existem "micro-instituições"), mas que permite - e impõe - a seus sujeitos, isto é, às pessoas x que ocupam as diferentes posições p oferecidas em I , suas próprias maneiras de fazer e pensar. Assim, a classe é uma instituição (na qual as duas posições essenciais são a de professor e do aluno), bem como a escola (onde outras posições aparecem: as da CPE, enfermeira orientadora de saúde etc.), bem como esta instituição que inclui classes e estabelecimentos e que se junta em posições de todos os tipos, o sistema educacional⁸ (CHEVALLARD, 2002, p. 2, tradução nossa).

Nesse sentido, “uma equipe de robótica” pode ser considerada uma instituição. Romo-Vázquez (2014) aprofunda o conceito de instituição como organizações sociais estáveis que viabilizam as atividades humanas de acordo com os recursos que as próprias instituições disponibilizam a seus sujeitos. O conceito de instituição é fundamental para a teoria, pois nos permite compreender o que os estudantes podem produzir de acordo com os recursos materiais e intelectuais disponibilizados pela equipe de robótica, pelo fato de impor aos estudantes a utilização de determinado kit, a forma de trabalho (divisão dos grupos), as regras da competição que participam, entre outros elementos impostos aos sujeitos.

necessidades humanas. Neste capítulo trazemos a tecnologia como um dos componentes do quarteto praxeológico, utilizada para justificar a técnica.

⁸ Une institution I est un dispositif social « total », qui peut certes n'avoir qu'une extension très réduite dans l'espace social (il existe des « micro-institutions »), mais qui permet – et impose – à ses sujets, c'est-à-dire aux personnes x qui viennent y occuper les différentes positions p offertes dans I , la mise en jeu de manières de faire et de penser propres. Ainsi la classe est-elle une institution (dont les deux positions essentielles sont celles de professeur et d'élève), de même que l'établissement (où d'autres positions apparaissent : celles de CPE, d'infirmière conseillère de santé, etc.), de même encore que cette institution qui englobe classes et établissements et qui foisonne en positions de toutes sortes, le système éducatif (CHEVALLARD, 2002, p. 2).

No processo de construção de um robô conhecimentos de diferentes naturezas são mobilizados pelos estudantes, mas neste trabalho nos interessamos particularmente aos conhecimentos matemáticos mobilizados para realizarem a tarefa pedida. Dessa forma, vamos buscar descrever a atividade desenvolvida pelos estudantes por meio do modelo praxeológico proposto por Chevallard.

Todos os conceitos apresentados até aqui, dizem respeito a organizações praxeológicas que podem ser denominadas Organizações Matemáticas (OM), que são aquelas cujas praxeologias são matemáticas, e as Organizações Didáticas (OD), aquelas que estão relacionadas com as escolhas que são realizadas. De acordo com Bittar,

Ao descrever uma atividade matemática por meio do modelo teórico proposto pela TAD, não somente os aspectos matemáticos são considerados. Para exemplificar vamos considerar uma aula dada por um professor sobre o teorema de Pitágoras no 8º ano do ensino fundamental. Ele precisará decidir que propriedades e definições irá apresentar e também como irá apresentar: serão propostas atividades⁹ para que os alunos consigam conjecturar o teorema que depois será enunciado formalmente ou irá optar por uma abordagem mais clássica de apresentação de definições e resultados a serem aplicados pelos alunos? Em outras palavras, ao preparar uma aula o professor realiza escolhas matemáticas e didáticas. A atividade do professor também pode ser modelada por meio do quarteto praxeológico: sua tarefa é “Ensinar o teorema de Pitágoras”. Para resolver essa tarefa didática é preciso fazer escolhas didáticas como as enunciadas acima. Tem-se, assim, a *praxeologia didática* ou *organização didática* (OD) (BITTAR, 2017, p. 368).

Outro conceito fundamental da TAD é o de objeto (O), algo que existe pelo menos para uma pessoa ou instituição. Tudo é objeto, um robô, um cálculo, uma ideia, uma planta, “O é o que se chama, na TAD, uma "obra", isto é, qualquer coisa, material ou imaterial, criado por uma ação humana deliberada, a fim de alcançar certas funções específicas” (CHEVALLARD, 2013, p.162, grifo do autor).

Ainda citando os elementos primários da teoria, devemos nos reportar à distinção entre indivíduo, sujeito e pessoa.

A terceira noção fundamental, a de *pessoa*, é então a dupla formada por um indivíduo x e o sistema de suas relações pessoais $R(x, o)$, a um determinado momento da história de x . A palavra pessoa, tal

⁹ Na perspectiva que adotamos, atividade não é apenas o exercício de matemática, mas toda a situação na qual o aluno está inserido. Assim, ao propor algo para o aluno realizar estamos tentando colocá-lo em situação. Mesmo quando se trata de um exercício do livro didático, a atividade não é automática para o aluno e não consiste apenas do enunciado. (BITTAR, 2017, p.368).

como usamos aqui, não deve iludir: *todo indivíduo é uma pessoa*, incluindo o bebê, a criança (etimologicamente, aquele que não fala ainda). Claro, com o tempo, o sistema de relações pessoais de x evolui: objetos que não existiam para ele começam a existir; outros deixam de existir; para outros, enfim, a relação pessoal de x muda. Nesta evolução, o invariante é o *indivíduo*; o que muda é a *pessoa*¹⁰ (CHEVALLARD, 2002, p.1, tradução nossa).

Já o sujeito é a pessoa que pertence a uma instituição e, por isso, está assujeitada a ela. As relações pessoais $R(x, O)$ dizem respeito às relações existentes entre o sujeito (x) e os objetos (O) a partir do momento que (O) existe para (x) ou para uma instituição (I). Neste caso a relação institucional de I com O pode ser denotada por $R_I(O)$.

Mais precisamente, podemos dizer que o objecto O *existe para* X (respectivamente, *para* I) se existir um objecto, que denotarei $R(X,O)$ (resp. $R_I(O)$), a que chamarei *relação pessoal de X com O* (resp. *relação institucional de I com O*). Por outras palavras, o objecto O existe se existir ao menos para uma pessoa X ou para uma instituição I , isto é, se pelo menos uma pessoa ou uma instituição *tiver uma relação com esse objecto* (CHEVALLARD, 1996, p. 127).

Dessa forma, não tem sentido falar em existência de um objeto *no vácuo*; ao falar de um objeto e de sua existência é preciso deixar claro a que sujeito X ou a que instituição está sendo feita referência, como explicam Bosch e Chevallard:

O conhecimento - e o saber como uma certa forma de organização do conhecimento - entra então em cena com a noção de relação: um objeto existe se existe uma relação com esse objeto, isto é, se um sujeito ou uma instituição o "(re)conhece" como um objeto. Dado um objeto (por exemplo, um objeto do saber) e uma instituição, a noção de relação leva às práticas sociais que ocorrem na instituição e que envolvem o objeto em questão, ou seja, "o que é feito na instituição com esse objeto". Conhecer um objeto é ter o que fazer com – e muitas vezes ter de lidar com – esse objeto.

O saber matemático, como uma forma particular de conhecimento, é o resultado da ação humana institucional: é algo que se produz, se utiliza, se ensina ou, mais geralmente, se transpõe em instituições. Mas a matemática ainda é um termo primitivo, hipóstase de certas práticas institucionais – as práticas sociais em matemática. O que falta é o desenvolvimento de um método para analisar as práticas

¹⁰ La troisième notion fondamentale, celle de *personne*, est alors le couple formé par un individu x et le système de ses rapports personnels $R(x, o)$, à un moment donné de l'histoire de x . Le mot de *personne*, tel qu'on l'emploie ici, ne doit pas faire illusion : *tout individu est une personne*, y compris le tout petit enfant, l'*infans* (étymologiquement, celui qui ne parle pas encore). Bien entendu, au cours du temps, le système des rapports personnels de x évolue : des objets qui n'existaient pas pour lui se mettent à exister ; d'autres cessent d'exister ; pour d'autres enfin le rapport personnel de x change. Dans cette évolution, l'invariant est l'*individu* ; ce qui change est la *personne*. (CHEVALLARD, 2002, p.1)

institucionais que permitem a descrição e estudo das condições de realização.

Os últimos desenvolvimentos da teorização vêm preencher esta lacuna. O conceito-chave que aparece então é o de organização praxeológica ou praxeologia¹¹ (BOSCH; CHEVALLARD, 1999, p. 4-5, tradução nossa).

Em nosso caso, vamos supor que até o momento de iniciar a participação no grupo de robótica, o estudante não tinha qualquer relação com o objeto “robô”, ou seja, $R(X, O) = \emptyset$. Contudo, a partir do momento em que passa a se relacionar com o objeto robótica, por meio da participação no projeto, esta relação é alterada para $R(X, O) \neq \emptyset$. Da mesma forma pode acontecer com os objetos matemáticos.

Dessa forma, espera-se que o aluno possa ter novos olhares e capacidade de ação sobre os objetos inseridos naquela atividade humana. Obviamente que as ações do indivíduo para modificar o objeto dependem de sua intenção e das circunstâncias, mas isso não significa que sua relação com o objeto permaneça inalterada (SCHIVANI, 2014, p.99).

Chevallard (2013) apresenta o sistema didático por meio do modelo $S(X; Y; O)$, em que X representa o sujeito que quer aprender algo, Y é a instância de ajuda ao estudo que pode ser o professor, um tutor ou um amigo que vai ajudar X a compreender a obra O . No caso de nossa investigação, a pesquisadora Y representa a ajuda ao estudo dos estudantes X que devem desenvolver um projeto O . Para isso eles podem utilizar diversas mídias, como a internet e a pesquisadora.

3.3 Os paradigmas “questionamento do mundo” e “visita às obras”

¹¹ La connaissance – et le savoir comme une certaine forme d’organisation de connaissances – entre alors en scène avec la notion de rapport : un objet existe s’il existe un rapport à cet objet, c’est-à-dire si un sujet ou une institution le « (re)connaît » en tant qu’objet. Étant donné un objet (par exemple un objet de savoir) et une institution, la notion de rapport renvoie aux pratiques sociales qui se réalisent dans l’institution et qui mettent en jeu l’objet en question, soit donc à « ce qui se fait dans l’institution avec cet objet ». Connaître un objet c’est avoir à faire avec – et souvent avoir affaire à – cet objet.

Le savoir mathématique, en tant que forme particulière de connaissance, est donc le fruit de l’action humaine institutionnelle : c’est quelque chose qui se produit, s’utilise, s’enseigne ou, plus généralement, se transpose dans des institutions. Mais le mathématique reste encore un terme primitif, hypostase de certaines pratiques institutionnelles – les pratiques sociales à mathématiques. Ce qui fait défaut, c’est l’élaboration d’une méthode d’analyse des pratiques institutionnelles qui permette la description et l’étude des conditions de réalisation.

Les derniers développements de la théorisation viennent combler ce manque. La notion clé qui apparaît alors est celle d’organisation praxéologique ou praxéologie (BOSCH; CHEVALLARD, 1999, p. 4-5).

O desenvolvimento deste trabalho é feito à luz do paradigma didático Questionamento do mundo, definido por Chevallard (2013, p. 163) em oposição ao paradigma Visita às obras: “o velho paradigma didático ainda florescente em tantas instituições escolares está fadado a dar lugar a um novo paradigma ainda dando seus primeiros passos”. Segundo Santos:

[...] Para esse autor [Chevallard], existem os paradigmas denominados “velhos”, que se organizam em torno de doutrinas e sistemas da matemática, em que o conhecimento é fragmentado e que são trabalhados como “visitas de trabalho” ou “visitas a monumento”. Visitar um monumento basicamente resume-se em ver um relatório ou uma história feita pelo professor, que guia o aluno sobre o monumento visitado. Por exemplo, a fórmula de Heron para a área de um triângulo é abordada como um monumento que permanece sobre si mesmo. Os estudantes são meros espectadores e todo o conhecimento ensinado pode ser esquecido ou, até mesmo, ignorado, assim que as provas se encerrarem (SANTOS, 2017, p. 53).

É comum, no ambiente escolar, nos depararmos com formalismos e com monumentalismos, como os citados pelo autor, pois fazem parte da rotina escolar desenvolvida, no decorrer dos tempos, para caracterizar o ensino. As obras estudadas na escola não apresentam sentido ou razão de ser; para Chevallard são como obras mortas. São estudadas sem que tenham significado, pois os estudantes são convidados a visita-las, sem questioná-las, ou problematiza-las. Chevallard (2013) afirma que o paradigma questionamento do mundo deve ser base na sociedade e na escola, e devemos reviver o espírito da matemática.

Lo que el nuevo paradigma didáctico tiene como objetivo es crear un nuevo ethos cognitivo en el cual, cuando surge alguna cuestión Q, x la tome em cuenta y, cuando sea posible, empiece su estudio con el objetivo de aportarle una respuesta valiosa R, en muchos casos con alguna ayuda de algún y. (CHEVALLARD, 2013, p.168).

Contribuindo com a proposta de Chevallard, Esteve esclarece:

No tiene sentido dar respuestas a quienes no se han planteado la pregunta; por eso, la tarea básica del docente es recuperar las preguntas, las inquietudes, el proceso de búsqueda de los hombres y mujeres que elaboraron los conocimientos que ahora figuran en nuestros libros. Para ello hay que abandonar las profesiones de fe en las respuestas ordenadas de los libros, hay que volver las miradas de nuestros estudiantes hacia el mundo que nos rodea y rescatar las preguntas iniciales obligándoles a pensar (ESTEVE, 2004, p. 694-695).

Assim, na perspectiva do paradigma questionamento do mundo o processo de aprendizagem é guiado por uma questão inicial, problemática para quem vai desenvolver o projeto, no nosso caso os estudantes. Todo o processo parte desta questão e não se sabe o caminho a ser percorrido; deseja-se chegar a uma resposta para a questão posta.

Para um espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão, não pode haver conhecimento científico. Nada ocorre por si mesmo. Nada é dado. Tudo é construído (BACHELARD, 1977, *apud* DELIZOICOV, 2005, p. 128).

Acreditamos que a proposição de projetos de robótica, da maneira como apresentamos, traz elementos que caracterizam o paradigma questionamento do mundo, como tentaremos mostrar neste trabalho. É importante salientar neste paradigma, há alguns momentos nos quais os estudantes visitam as obras, o que é esperado, uma vez que algumas das questões postas podem ter respostas conhecidas que os alunos buscam em diferentes meios, como internet, livros e outros. Para compreender esse processo estudaremos algumas das dialéticas definidas por Chevallard (2013) e apresentadas na próxima sessão.

3.4 As Dialéticas

Nesta sessão trazemos uma discussão sobre algumas das dialéticas apresentadas por Chevallard (2001) por meio dos cinco tempos do estudo de uma questão.

O estudo de uma questão Q pode ser modelado como um entrelaçamento de ciclos à **cinco tempos: observação** das respostas R_ϕ depositadas nos trabalhos; **análise**, experimental e teórica, das respostas R_ϕ ; **avaliação** dessas mesmas respostas R_ϕ ; **desenvolvimento** de uma resposta R; finalmente **defesa e ilustração** da resposta R assim produzida¹² (CHEVALLARD, 2001, p.7, grifo do autor, tradução nossa).

¹² L'étude d'une question Q peut être modélisée comme un entrelacement de cycles à **cinq temps: observation** de réponses R_ϕ déposées dans les œuvres; **analyse**, expérimentale et théorique, des réponses R_ϕ ; **évaluation** de ces mêmes réponses R_ϕ ; **développement** d'une réponse R; enfin **défense & illustration** de la réponse R ainsi produite (CHEVALLARD, 2001, p.7, grifo do autor).

Em nossa pesquisa podemos ilustrar os cinco tempos de estudo quando os estudantes, ao gerar as respostas R_{\diamond} , relacionadas à montagem e programação dos robôs, fazem observações, tais como: o tipo de roda a ser utilizado, sobre o eixo de simetria do robô, a quantidade de rotações que devem ser consideradas na programação para responder o desafio, etc. Essas observações propiciam a análise, experimental e teórica, das respostas R_{\diamond} , ou seja, verificam se a montagem está adequada e se a programação responde ao desafio, por meio da experimentação, os “testes” como os próprios estudantes dizem. A avaliação dessas respostas se dá por meio da validação das peças escolhidas, dos blocos de programação, ou seja, verificando se as escolhas respondem as questões derivadas para que possam construir um robô capaz de responder ao desafio. Por fim, para defender a resposta da questão geratriz, os estudantes apresentam a montagem e a programação que produziram.

As tensões bipolares geradas ao desenvolver esses cinco tempos de estudo são chamadas de dialéticas. Parra e Otero (2017) se apoiam na definição de dialética como sendo o conjunto de contradições ocasionadas nos tempos de estudo.

Adhiriéndonos a la noción de dialéctica como una “teoría de las contradicciones”, y considerando el carácter metafórico de la ciencia en general y de la didáctica en particular, asumimos que las acciones ocurridas en el desarrollo de una clase pueden encuadrarse en diferentes *gestos dialécticos*: del estudio y de la investigación; del individuo y del colectivo; del análisis-síntesis praxeológica y del análisis-síntesis didáctica; del tema y fuera-de-tema; del paracaidista y de las trufas; de las cajas negras y cajas claras; media-medio; de la lectura y de la escritura, y de la difusión y de la recepción (Chevallard, 2002, 2013b). Es importante destacar que no hay dualidad en una dialéctica sino un proceso interactivo, una interrelación entre los polos de la misma que generan “algo nuevo”. Por ejemplo: entrar o salir del tema son acciones contrapuestas, no duales, una acción llama a la otra. Dentro de esta dialéctica, si se comenzó a estudiar un asunto, habrá también que decidir cuándo dejar de hacerlo, pero esta dinámica produce el estudio de un asunto de una manera “nueva”, dirigida por el interés de responder a un cuestionamiento (PARRA; OTERO, 2017, p. 24).

Em Chevallard (2012-2013) são apresentadas 9 (nove) dialéticas, porém, para este trabalho daremos ênfase a 3 (três) dialéticas que consideramos pertinentes para as análises que iremos apresentar.

3.4.1 A dialética mídia-meio

A dialética mídia-meio é uma das 9 (nove) dialéticas apresentadas por Chevallard (2012-2013) e que estaremos evidenciando nas análises para compreender os processos de contradições ocorridos no desenvolvimento dos tempos de estudos durante a execução dos projetos de robótica.

Para contribuir com o processo de desenvolvimento de conhecimentos por meio do estudo de questões, Chevallard (2007) apresenta a dialética mídia-meio.

A palavra "mídia" aqui designará qualquer sistema de representação de uma parte do mundo natural ou social destinado a um determinado público: o "curso" do professor de matemática, um tratado sobre química, o jornal de um apresentador de TV, um jornal regional ou nacional, um site, etc., fazem parte do sistema de mídia. [...] as mídias são geralmente motivadas por uma certa intenção, como a intenção de "informar". Claro, uma mídia de comunicação pode ser considerada como um meio e ser usado como tal¹³ (CHEVALLARD, 2007, p.1, tradução nossa).

Deste modo, a pesquisa foi delineada para propiciar aos estudantes um meio constituído de recursos didáticos, como kits de robótica, computadores, livros, etc., possibilitando o desenvolvimento das situações propostas como disparadoras na mobilização de conhecimentos.

A existência de uma dialética vigorosa (e rigorosa) entre mídias e meios é uma condição crucial para que um processo de estudo e pesquisa não se reduza à cópia acrítica de elementos de resposta dispersos nas instituições da sociedade. Tal exigência é uma verdade consubstancial ao espírito galileu, característico das ciências modernas da natureza e da sociedade, nas quais a submissão à autoridade dá lugar a uma cultura compartilhada de questionamento, posta à prova pela construção de meios apropriados, determinísticos ou estatísticos, combinando dispositivos materiais e imateriais (investigação, experimentação, raciocínio, dedução)¹⁴ (CHEVALLARD, 2007, p. 1-2, tradução nossa).

¹³ Le mot de *média* désignera ici tout système de mise en représentation d'une partie du monde naturel ou social à l'adresse d'un certain public : le « cours » du professeur de mathématiques, un traité de chimie, le journal d'un présentateur de télévision, un quotidien régional ou national, un site Internet, etc., relèvent en ce sens du système des médias. [...] les médias sont en général mus par une certaine intention, par exemple l'intention « d'informer ». Bien entendu, un média peut, à propos de telle question particulière, être regardé comme un milieu, et être utilisé comme tel (CHEVALLARD, 2007, p.1).

¹⁴ L'existence d'une dialectique vigoureuse (et rigoureuse) entre médias et milieux est une condition cruciale pour qu'un processus d'étude et de recherche ne se réduise pas au recopiage acritique d'éléments de réponse épars dans les institutions de la société. Une telle exigence est en vérité

À medida que as respostas $R\Diamond$ (resposta punção) ¹⁵ vão sendo construídas, o meio também o é, mostrando a importância da indefinição do meio, de modo que seja construído por todos os seus componentes.

En una enseñanza monumental, el único media, en tanto que sistema de información del que dispone el estudiante es el profesor. En un REI, en cambio, el estudiante puede considerar e incorporar al medio de estudio una obra reencontrada en cualquier otro media (PARRA; OTERO, 2018, p. 7).

Não há definição prévia do meio de estudo, ele é construído pelas relações, pessoas e fontes de informação, que o compõe à medida que as respostas, para a questão geradora, são construídas. O meio pode ser incorporado por outros trabalhos encontrados pelos estudantes, enquanto que as mídias possibilitam a localização e socialização desses trabalhos. Os meios constituem a informação, as mídias as disseminam.

Além da dialética mídia-meio, outras 2 (duas) nos parecem pertinentes para a análise desta pesquisa e se tratam da individual-coletivo e estudo-pesquisa.

3.4.2 A dialética individual-coletivo

A dialética do indivíduo e do coletivo traz elementos em que evidenciam as tomadas de decisões.

A segunda dialética é a do indivíduo e do coletivo (ou da autonomia e sinnomia), segundo a qual nenhum membro x de X pode deixar de continuar estudos e pesquisas relativas a Q até que uma resposta R seja produzida e validada por X sob a direção (ou supervisão) de Y . Cada $x \in X$ deve saber renunciar à criação de sua própria lei (autonomia) e contribuir para construir e assumir coletivamente uma

consubstantielle à l'esprit galiléen caractéristique des sciences modernes de la nature et de la société, dans lequel la soumission à l'autorité cède la place à une culture partagée du questionnement, de la mise à l'épreuve par la construction de milieux idoines, déterministes ou statistiques, combinant dispositifs matériels et immatériels (enquête, expérimentation, raisonnement, déduction). (CHEVALLARD, 2007, p. 1-2)

¹⁵ $R\Diamond$ é a notação das respostas parciais geradas por meio das visitas as obras e que servirão para compor a resposta da questão Q . A representação $R\Diamond$ estará sendo retomada no capítulo 4.

lei do grupo X (sinnomia)¹⁶ (CHEVALLARD, 2012-2013, p. 5, tradução nossa)

Neste caso, esta dialética mostra a importância do processo coletivo em busca da resposta pesquisada pelos membros do grupo. Mesmo que cada membro siga um caminho diferente, utilize processos individuais de estudo e pesquisa, em determinados momentos, todos devem entrar em acordo quanto às decisões e definições para construir a resposta.

Em nosso caso, todos os membros do grupo deveriam concordar com a montagem e com a programação do robô, mesmo que em determinados momentos uns, mais do que outros, tragam mais contribuições por apresentar maior experiência nos processos de montagem e programação. Contudo, todos teriam possibilidades de estudar e pesquisar para contribuir com a elaboração da resposta.

Sendo assim, esta é a razão para que esta dialética é denominada “do indivíduo e do coletivo”, afinal os membros tomam as decisões com relação às questões que irão responder e conseqüentemente tomam as decisões necessárias para respondê-las, bem como a distribuição das tarefas de cada membro do grupo.

3.4.3 A dialética estudo-pesquisa

Esta dialética é caracterizada pela busca da resposta para a pergunta por meio das respostas parciais de questões geradas a partir de acordos coletivos do grupo que trabalha com o propósito de responder a questão geratriz. Parra e Otero (2018) apresentam esta dialética do seguinte modo:

[...] la búsqueda de respuestas a una pregunta generatriz combina el estudio de praxeologías, disponibles en la cultura escolar (las mencionadas $R\Diamond$), con la formulación de nuevas preguntas (las preguntas derivadas). Es decir, responder una pregunta generatriz genera un cuestionamiento de las obras, nociones y saberes que están vinculados a esa pregunta. Este cuestionamiento provoca una investigación en torno a esas obras y a su vez esta investigación,

¹⁶ La deuxième dialectique est celle de l'individu et du collectif (ou de l'autonomie et de la synnomie), selon laquelle aucun membre x de X ne saurait se tenir quitte de poursuivre étude et recherche relativement à Q tant qu'une réponse R n'a pas été produite et validée par X sous la direction (ou la supervision) de Y . Chaque $x \in X$ doit savoir renoncer à créer sa propre loi (autonomie) et contribuer à construire et à assumer collectivement une loi du groupe X (synnomie) (CHEVALLARD, 2012-2013, p. 5).

genera estudios específicos. Así se concreta una dialéctica: **una investigación genera un estudio y un estudio, una nueva investigación**. Estas prácticas se manifiestan, por ejemplo, en buscar información en algún medio, por ejemplo, Internet, libros de texto, profesores de diversas disciplinas, profesionales del área, etc.; en identificar esas respuestas preconstruidas; en estudiarlas, adaptarlas; en formular las preguntas derivadas; etc. (PARRA; OTERO, 2018, p. 6, grifo nosso).

A dialética estudo-pesquisa está intimamente ligada à dialética mídia-meio, pois dá condições ao estudante de desenvolver o processo de estudo pela pesquisa. Para pensarmos em como essa dialética pode ser evidenciada, remetemos a situações em que os estudantes, por meio de iniciativas individuais, recorrem às mídias para comprovar suas hipóteses em favor das respostas do grupo, comprovando as potencialidades e limitações para a execução do projeto. Sendo assim, é possível observar a relação desta dialética à “do indivíduo e do coletivo” por possibilitar o estudo e a pesquisa para a elaboração da resposta que deve estar em consonância com os membros do grupo.

As dialéticas contribuem para evidenciar os momentos do Percorso de Estudos e Pesquisa (PEP) ¹⁷ em que os estudantes recorrem às mídias e aos meios, percebem a necessidade de estudo e pesquisa, e ainda, para mostrar a importância de reflexões individuais no momento de colaborar com a construção coletiva.

¹⁷ O Percorso de Estudos e Pesquisa (PEP) será retomado e caracterizado no capítulo 4.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

*É a teoria que decide o que podemos observar.
Albert Einstein*

No início de 2018 alguns estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental de uma Escola Estadual do município de Terenos, no Estado de Mato Grosso do Sul, foram convidados e selecionados a fazer parte de um time de robótica coordenado pela autora desta dissertação. Os estudantes que aceitaram o convite passaram a participar de reuniões no contra turno de suas aulas. Nestas reuniões eles eram desafiados a cumprir uma tarefa, que explicaremos ao longo do texto, utilizando kits de robótica Lego NXT 9797, por meio de montagem e programação. As reuniões do time de robótica da escola produziram os dados para as análises das praxeologias desenvolvidas pelos estudantes durante a execução de tarefas.

Inicialmente foi realizada a apresentação e interação entre todos os envolvidos no projeto de robótica na escola, para despertar o interesse dos estudantes que participariam do time. Foi composto um time com no máximo 16 (dezesesseis) estudantes que fizeram inscrição prévia, sendo selecionados pelo grupo de professores da escola, considerando seu comprometimento e assiduidade nas aulas regulares. Esses estudantes firmaram compromisso, por meio da ficha de inscrição respondendo a um questionamento explicitando sua razão para participar do time. Além disso, pais/responsáveis de cada aluno assinaram uma autorização escrita para que os estudantes pudessem participar dos encontros do time e das competições em que a escola viesse a se inscrever.

O time passou então a se reunir semanalmente, em encontros com duração de 4 (quatro) horas, acompanhados da Professora Gerenciadora de Tecnologias Educacionais e Recursos Midiáticos (PROGETEC) e da pesquisadora. Durante as reuniões foram apresentados desafios (tarefas), pela pesquisadora, para que os estudantes desenvolvessem estratégias próprias de resolução, utilizando seus conhecimentos prévios e os conceitos que julgassem necessários, ou seja, os estudantes foram instigados a desenvolver um projeto com o objetivo de resolver um desafio. Para construir os robôs, os estudantes faziam pesquisas em manuais de montagem localizados na internet, outros disponibilizados pela pesquisadora, além de seguirem estratégias próprias escolhidas de modo mais apropriado para atender

ao desafio. Por fim era realizada uma programação que satisfizesse a situação proposta.

Como dito, os desafios propostos eram escolhidos pela pesquisadora, inspirada nos desafios que os estudantes realizam na OBR.

Lembramos que na competição são utilizadas arenas com o percurso que deve ser seguido pelo robô de forma independente, ou seja, sem o auxílio dos competidores ou de controles remotos. Essas arenas, em que o robô é orientado por um trajeto linear, estabelecido por uma fita isolante, que de agora em diante denominaremos linha preta, podem conter redutores de velocidade que devem ser superados, gaps na linha, ou seja, partes da arena onde a linha não pode ser reconhecida, obstáculos colocados no meio do percurso e rampas que cada uma das mesas da competição possui.

Em nosso caso os desafios foram adaptados para a preparação do time para realizar tais desafios na edição da OBR que participariam nos próximos anos, já que a produção dos dados ocorreu após a etapa regional de 2018. Os estudantes não realizaram os desafios em uma arena nos padrões da competição, mas a realização das tarefas deveria dar suporte para se prepararem para uma competição oficial. Nesse sentido, as tarefas propostas para essa análise foram: o seguidor de linha; o robô que contorna objetos grandes ou pequenos e o que desvia de objetos.

O time de 16 (dezesseis) estudantes foi dividido em equipes de no máximo 4 (quatro) estudantes. Estas equipes fizeram as montagens e programações dos robôs de acordo com o que já conhecem e os conceitos aplicáveis à situação proposta. Durante esse processo, os alunos realizaram discussões, na equipe, das estratégias que poderiam ser aplicadas à montagem e à programação, as que consideravam ser mais adequadas ao problema apresentado. Em algumas situações as equipes recorreram a consultas na internet e à pesquisadora para sanar dúvidas conceituais.

Recursos como filmagem, gravação de áudios, entrevistas e registros escritos foram utilizados na produção de dados. Notemos, como já mencionado anteriormente, que não estabelecemos um conteúdo matemático *a priori*. Os conhecimentos matemáticos, e tantos outros, emergiram conforme as demandas do grupo. Esse caminho, não estruturado antecipadamente pela pesquisadora, se assemelha ao que é proposto atualmente pelo Percurso de Estudos e Pesquisa (PEP), organização desenvolvida no seio da Teoria Antropológica do Didático. Em

nosso caso acreditamos que cada encontro realizado com a equipe pode ser visto como um PEP.

4.1 O Percurso de Estudos e Pesquisa (PEP)

Para compreender o que caracteriza uma PEP retomemos a noção de sistema didático trazida na sessão 3.2. $S(X, Y, O)$, composto pelas instâncias X (estudantes), Y (aquele que ajuda o estudo) e O (Obra a ser estudada).

Ao inserirmos um PEP num sistema didático, composto, por exemplo, de X : estudantes da equipe de robótica, Y : pesquisadora e O : desafios, a questão geradora Q_0 promove a origem de novas questões e respostas e o sistema passa a ser denotado por $S(X, Y, Q)$. No desenvolvimento dos PEP ocorrem praxeologias mistas¹⁸, pois há diferentes tipos de conhecimentos em jogo (de robótica, de matemática e de computação, além de outros que podem surgir). Há diferentes tipos tarefas, técnicas e tecnologias associadas. Como esta pesquisa foi desenvolvida sob a perspectiva do paradigma questionamento de mundo, para responder a questão geradora, foi necessário desenvolver um meio, do qual os estudantes poderiam utilizar-se de soluções antigas. Como a Q_0 promove a geração de novas questões (Q_1, Q_2, Q_3, \dots), suas respostas denotadas por R^\diamond (resposta punção), obtidas por meio da visita às obras, proveriam subsídios para a constituição da R^\heartsuit (resposta coração).

Importante ressaltar que R^\heartsuit não é uma resposta previamente estabelecida pela instância de ajuda Y . Assim, para as possíveis respostas R^\heartsuit , a instância Y de ajuda pode até realizar uma análise *a priori* de possíveis respostas R^\diamond e caminhos a serem seguidos na busca pela resposta R^\heartsuit (isso ajuda a compreender o poder gerador da questão Q_0 , pois mostra as possíveis respostas e novos questionamentos); todavia os gestos de estudo e pesquisa realizados pelos estudantes de X podem levar ou não a questionamentos e

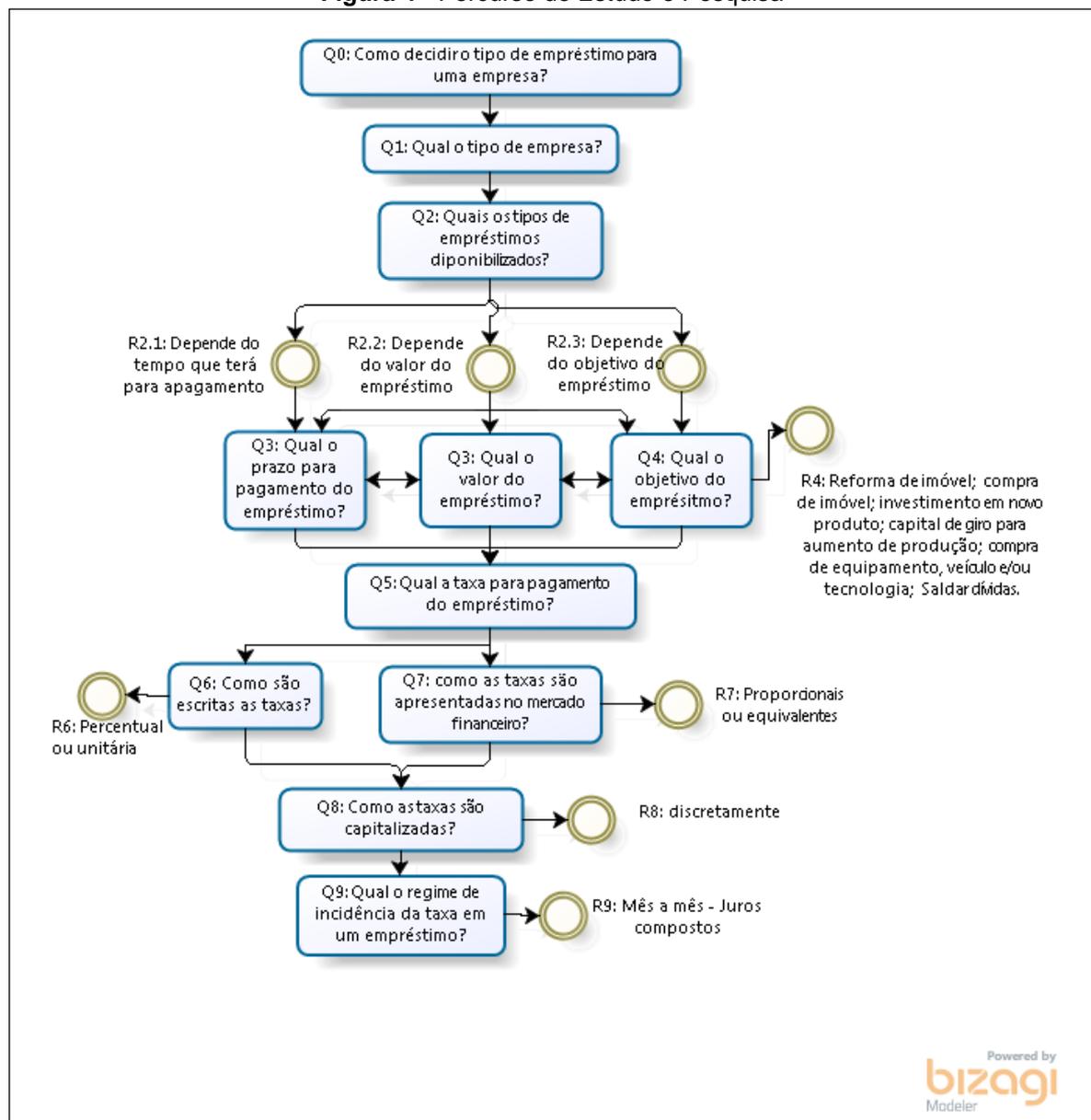
¹⁸ As praxeologias mistas são apresentadas na tese de Avenilde Romo Vázquez, ao desenvolver atividades práticas, mostrando a matemática que surge de maneira implícita, por meio do desenvolvimento de projetos. Foi possível tornar visível aquilo que não estava explícito, condição essa que evidenciou outros conhecimentos, de outras áreas, imbricando a matemática a outros campos, exigindo uma familiarização necessária para compreender as praxeologias matemáticas por meio de praxeologias mistas.

respostas inseridos no que foi analisado *a priori*. (SANTOS JÚNIOR, DIAS; BOSCH, 2019, p. 331)

Para melhor compreender o processo, trazemos aqui, na Figura 4, uma organização das questões e respostas dos possíveis caminhos organizados por Santos Júnior (2017) no desenvolvimento de um PEP, que foi analisado em sua tese, cujo objetivo era

elaborar, propor e analisar atividades baseadas num Percurso de Estudo e Pesquisa relacionadas às necessidades dos profissionais dos cursos superiores de tecnologia, na área de gestão e negócios, no ensino das noções de juros simples e compostos. (SANTOS JÚNIOR, 2017, p. 6).

Figura 4 - Percurso de Estudo e Pesquisa



Fonte: Santos Júnior, 2017, p. 321

Nossa intenção era possibilitar aos estudantes a mobilização de conceitos por meio do desafio proposto que, segundo esta organização, é a Q_0 . Nesse sentido, optamos por realizar, durante período de 4 (quatro) meses, 7 (sete) encontros, propondo 4 (quatro) desafios. Alguns dos encontros foram utilizados para concluir o desafio do encontro anterior.

4.2O Lego NXT

Para desenvolver os projetos de robótica os estudantes dispuseram do modelo *Mindstorms NXT 9797* da Lego. Dessa forma, nesta sessão trazemos noções de algumas das funções que os estudantes utilizaram para desenvolver a programação.

Na verdade ele é um kit de robô programável, voltado para a educação tecnológica¹⁹, lançado pela Lego em Julho de 2006, substituindo a primeira geração do kit Lego Mindstorms. O nosso kit é o Kit Base 9797 e é composto por 431 peças: 3 servomotores²⁰, 4 sensores (toque, som, luz e ultrassom), 7 cabos para conexões com motores e sensores, um cabo para interface USB, o Brick Inteligente NXT, que é o corpo central do robô, bateria recarregável, base giratória, rodinhas com pneus e várias peças conhecidas como Lego Technic, como blocos, vigas, eixos, rodas, engrenagens e polias. O *Brick NXT* (em português, tijolo) é o cérebro dessas pequenas máquinas. Ele viabiliza autonomia na execução de diferentes tarefas tais como a criação, programação e montagem de robôs com noções de distância, capazes de reagir a movimentos, ruídos e cores²¹, e de executar movimentos com razoável grau de precisão. O kit também inclui o NXT-G, um ambiente de programação gráfico que possibilita a criação e o download de programas para o NXT. (SUZUKI et al., 2010, p. 4).

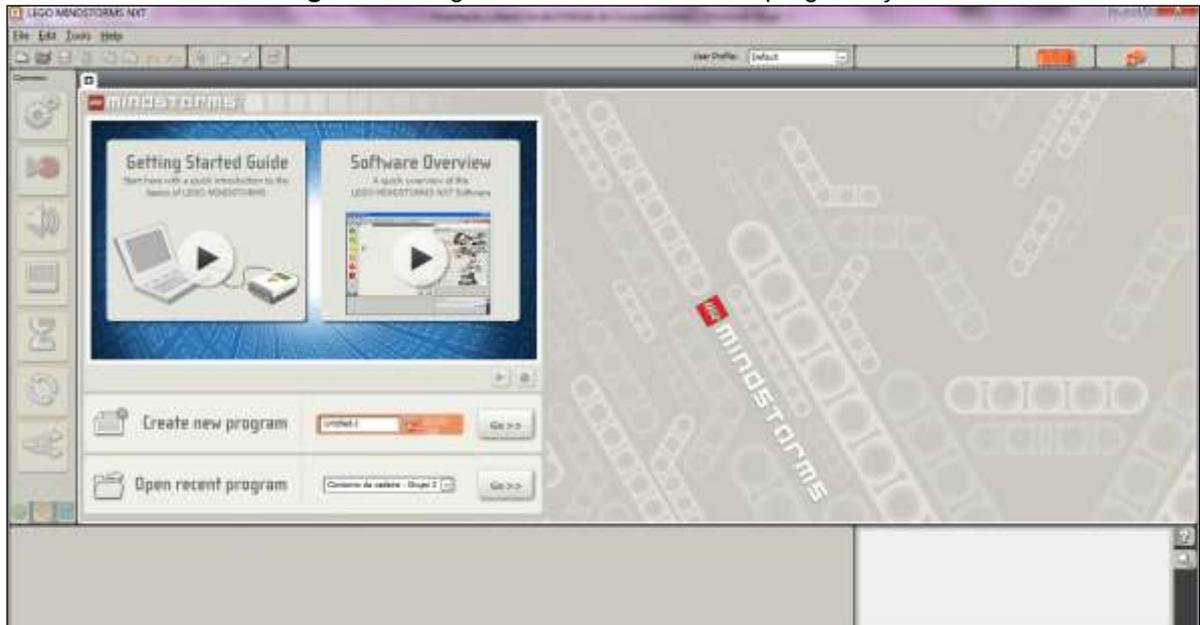
¹⁹ O lema da Educação Tecnológica é preparar os estudantes para não serem apenas usuários de ferramentas tecnológicas, mas capazes de criar, solucionar problemas e usar os tipos de tecnologia de forma racional, efetiva e significativa.

²⁰ Servomotor é uma máquina, mecânica ou eletromecânica, que apresenta movimento proporcional a um comando, em vez de girar ou se mover livremente sem um controle mais efetivo de posição como a maioria dos motores.

²¹ Neste caso, para a percepção de cores é necessário a utilização do sensor de cores, que não acompanha o kit 9797.

Ao iniciar o software de programação do NXT nos deparamos com a tela exibida na Figura 5. Para criar uma nova programação deve-se digitar o nome do arquivo de sua programação ao lado da frase “*Create new program*” e clicar em “Go >>”. Mas se já possui uma programação deve abri-la usando o ícone “*Open recent program*”, localizar a programação desejada, pelo nome e clicar em “Go >>”.

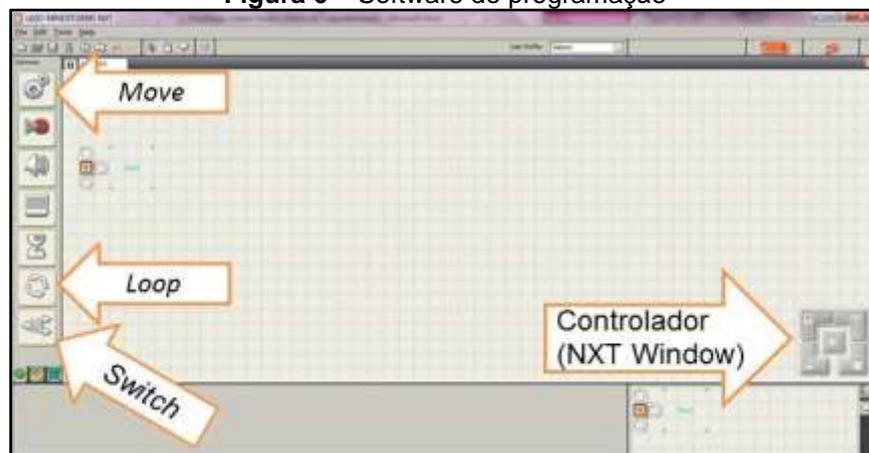
Figura 5 – Página inicial do *software* de programação



Fonte: Autora

Na Figura 6 é apresentada a interface do *software* de programação do Lego *Mindstorms* NXT.

Figura 6 – Software de programação



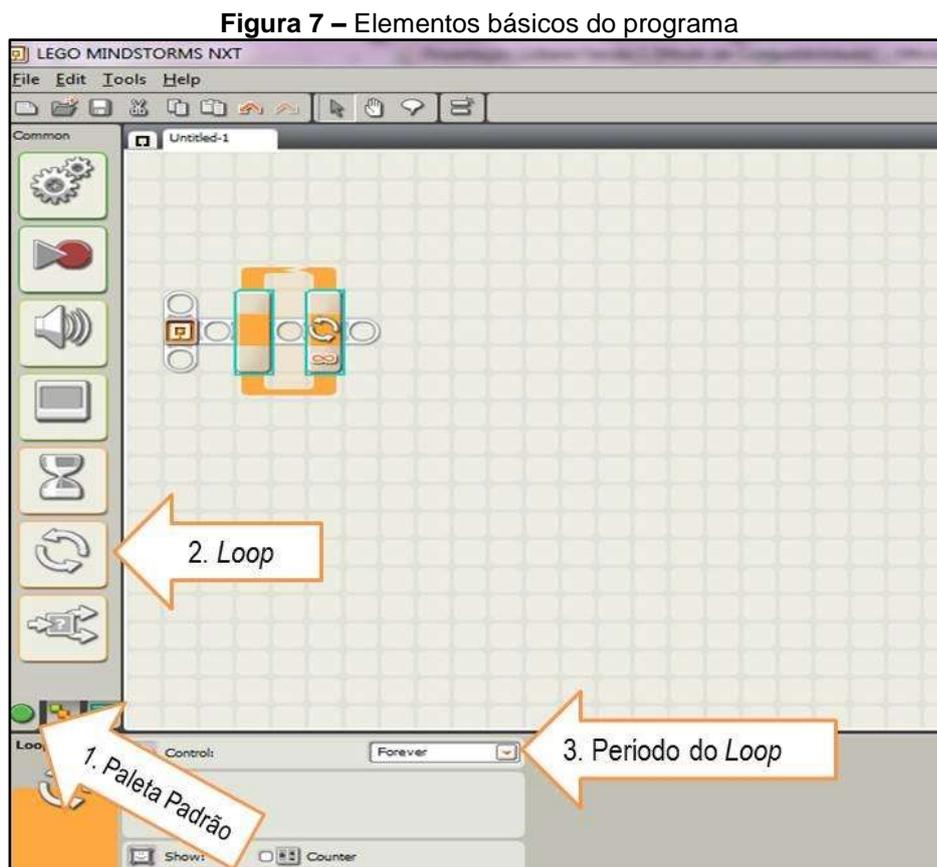
Fonte: Autora

Na Figura 6 é possível ver algumas das funções mais utilizadas, como os blocos “Move”, “Loop” e o “Switch”. Na figura 7 podemos identificar alguns dos elementos básicos para a programação por meio do *software*.

1. A paleta padrão possui os blocos básicos para programação de um Lego NXT, tais como (de cima para baixo): Move, record/play, sound, display, wait, loop e switch.

2. O ícone **Loop** fica na paleta padrão, que tem a função de executar uma ação infinitamente ou não.

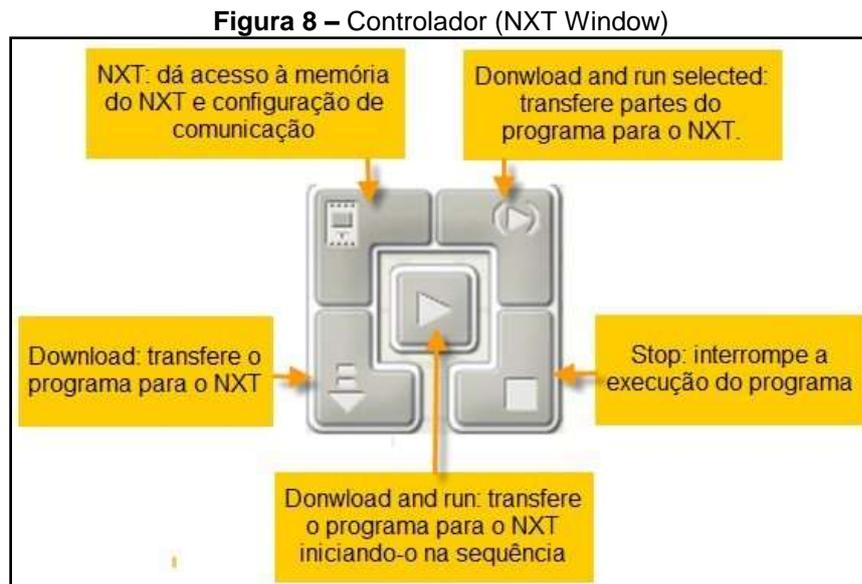
3. Neste ícone é possível definir o período do **loop**. As opções disponíveis no software são: Forever (para sempre); Sensor (sensor – quando o sensor fica incorporado no próprio loop); Time (tempo); Count (contagem); Logic (lógica).



Fonte: Autora

Para transferir uma programação para o NXT utiliza-se o controlador (NXT Window). Para efetuar comunicação entre o computador e o NXT, controlador possui cinco botões.

É possível observar na Figura 8 as funções dos cinco botões do controlador NXT Window. Os botões mais utilizados são os de *Download* e *Download and run*, pois permitem transferir as programações para os blocos programáveis.



Fonte: Susuki et. Al., 2010

4.3 Os sensores

Como mencionamos anteriormente, o Mindstorms NXT possui 4 sensores (toque, som, luz e ultrassom). Traremos aqui algumas características dos dois sensores mais utilizados pelos estudantes no decorrer desta pesquisa. São eles: o sensor de luz/cor e o sensor ultrassônico.

O sensor de luz é um dos dois sensores que dá visão ao robô (o sensor de ultrassom é o outro). É ele que permite que o robô distinga entre claro e escuro – branco e preto. Ele pode ler a intensidade de luz numa sala e pode medir a intensidade de luz em superfícies coloridas (SUZUKI et al., 2010, p. 7).

O sensor de luz também pode ser utilizado na função cor, neste caso ele identifica a intensidade da cor. Já o sensor ultrassônico

Permite que o robô “veja” e passe a detectar onde os objetos estão. Você pode usá-lo para fazer o robô evitar obstáculos, detectar e medir distâncias e detectar movimentos.

O sensor de ultrassom mede distâncias em centímetros e em polegadas. Ele é capaz de medir distâncias de 0 a 255 centímetros, com uma precisão de +/-3 cm.

O sensor de ultrassom usa a mesma técnica que os morcegos usam: ele consegue medir a distância calculando o tempo que leva para uma onda sonora bater em um objeto e retornar – como se fosse um eco.

Objetos maiores com superfícies duras retornam melhores leituras. Enquanto que objetos feitos de tecido macio ou que possuem curvas (como uma bola) ou que são muito finos e pequenos podem ser difíceis para o sensor detectar (SUZUKI et al., 2010, p. 8).

Esses sensores são utilizados para enviar informações, por meio de cabos conectados a portas, ao bloco programável (*Brick NXT*) para determinar as ações do robô.

No próximo capítulo vamos apresentar os projetos realizados e detalhar as construções e programações por meio das análises.

5. OS PROJETOS REALIZADOS

*Uma vida sem desafios não vale a pena ser vivida.
Sócrates*

Neste capítulo trazemos a descrição e análise de 7 (sete) encontros realizados com a equipe de robótica da escola Estadual Eduardo Perez, durante os meses de agosto a novembro do ano de 2018, escolhidos por tratarem de desafios propostos na perspectiva da OBR. Outros encontros ocorreram no início do ano letivo e em parte de 2017, quando os estudantes tiveram o primeiro contato com o dispositivo robótico, contudo, decidimos não trazê-los aqui por não se tratarem de desafios que contemplassem a prova da OBR. Além disso, para fins de estudo nesta dissertação foi preciso delimitar a quantidade de dados a serem analisados.

Nos 7 (sete) encontros foram realizados 4 (quatro) desafios. Como alguns destes desafios precisaram de dois encontros para sua resolução, decidimos não apresentar os dados por encontro, mas, por desafio, o que significa que teremos 4 seções.

As seções serão apresentadas seguindo a intensidade e profundidade das discussões. É importante mencionar as escolhas que fizemos para analisar os desafios, a começar pela cronologia.

Quadro 1 - Datas dos encontros

Seção	Montagem	Datas dos encontros
5.1	Robô seguidor de linha	28/08/2018
5.2	Robô que contorna obstáculos	11/09/2018 e 25/09/2018
5.3	Robô que desvia de obstáculos pequenos	16/10/2018 e 06/11/2018
5.4	Robô competidor	02/08/2018 e 07/08/2018

Fonte: Elaborado pela autora

É possível observar, nos dados do Quadro 1, que as seções 5.1, 5.2 e 5.3, trazem a descrição e análise dos dados em datas posteriores às datas dos encontros da seção 5.4. A escolha de trazê-los nesta ordem se deu pelo fato de que a equipe participou da competição logo após sua composição. Então o robô competidor apresentado na sessão 5.4, traz elementos discutidos pelos estudantes

nas outras sessões, contudo, com menos intensidade e amadurecimento. Realizaram a montagem e a programação sem aprofundamentos nas discussões, como fizeram nas outras seções.

Outra razão que julgamos importante para realizarmos essa escolha, foi apresentar cada desafio de forma mais aprofundada nas primeiras seções, para que o leitor estivesse mais familiarizado com os desafios antes de apresentarmos o robô que executaria todos, ou seja, o robô competidor.

As análises praxeológicas [T, τ , θ , Θ] serão apresentadas no decorrer do texto, de acordo com cada montagem realizada.

5.1 Montagem: Robô seguidor de linha

Nesta sessão descrevemos algumas das situações ocorridas em um dos encontros do time de robótica no dia 28 de agosto de 2018. Os estudantes foram desafiados a construir e programar um robô que pudesse seguir um trajeto linear, estabelecido por uma fita isolante que, de agora em diante, denominaremos linha preta. O robô deveria seguir o trajeto, de forma independente, ou seja, sem qualquer tipo de auxílio como o de controles remotos, por exemplo. Como a proposição do desafio é inspirada nos desafios da OBR, é importante lembrar que para a competição, as linhas representam o caminho que o robô deve percorrer até a localização da vítima.

Neste caso podemos modelar a questão geratriz, ou questão problemática, que os estudantes tinham para resolver, como sendo a seguinte:

Q₀: como programar um robô que segue uma linha preta, sem o auxílio de controle remoto?

Para a solução deste problema os estudantes se dividiram em dois grupos, cada um com 4 integrantes, seguindo os critérios da OBR citados anteriormente. No grupo 1 ficaram os alunos de 6^o e 7^o anos, e no grupo 2 os alunos de 8^o e 9^o anos. O desafio proposto foi construir um robô capaz de identificar e se locomover sobre uma linha preta estabelecida pela pesquisadora, por meio de fita isolante preta em uma mesa de MDF branca. Com o intuito de melhor resolver esse desafio, os alunos o subdividiram em partes consideradas por eles necessárias, sempre levando em

conta a tomada de decisões no que tange a montagem e programação do robô. A questão inicial foi então subdividida em duas questões:

Q₁: como construir um robô que segue uma linha preta?

Q₂: como programar o sensor de luz para identificar a linha preta?

Estas duas questões são ditas questões derivadas da questão geradora. O processo de busca da R♥ é exatamente esse: dividir a questão, encontrar subquestões, respostas intermediárias, e assim por diante, até obter a resposta à questão inicial.

Após essa subdivisão de questões, os estudantes iniciaram as discussões buscando identificar a melhor montagem para conseguir resolver o desafio proposto. Para isso debatiam questões, como por exemplo: Vamos utilizar rodas ou esteiras? Quantas rodas utilizaremos? Colocaremos o sensor na parte da frente do robô ou na parte de trás? Estas também são questões derivadas da questão geratriz, em que à medida que vão sendo respondidas avança-se na direção da resposta final.

O trecho a seguir mostra parte das discussões dos estudantes²² na tomada de decisões para realizar a montagem do robô “Seguidor de linha”.

Safira: Onde fica a frente do robô vocês quer (sic) aqui à frente ou aqui atrás.

Âmbar: Atrás. É bem melhor atrás. Vamos fazer o seguinte, a gente coloca a tração atrás e as rodas na frente, pode ser?

Safira: Mais uma coisa que eu ia falar... Um pouco errado, é para virar?

Âmbar: Por isso que vai ter uma roda mais.

No trecho a seguir é possível observar uma tentativa de trabalho individual, quando Citrino diz que vai pesquisar na internet, mas o grupo diz que tudo tem que ser feito no grupo, ou seja, não há, na verdade, espaço para o individual, ao menos não nesse momento. Os colegas o convencem da importância do trabalho em grupo e do consenso na tomada de decisões para responder a T₁.

Ametista: Citrino, não ia ser melhor você usar este. **(a colega dá umas sugestões indicando algumas peças com as mãos).**

Citrino: Gente! Vou pegar um pouquinho de consultoria da internet. (...) você sabe que a gente não vai fazer isso, né? Nós vamos fazer um modelo da internet.

²² A partir desse momento, alguns estudantes serão mencionados para indicar suas considerações nas discussões ocorridas nos grupos. Estamos utilizando nomes fictícios para preservar suas identidades.

Ametista: Citrino você tem que ouvir a ideia de todo mundo, não só a sua.

Ametista: É assim ó Citrino, espera você tem que ouvir a ideia de todo mundo. Essa coisinha tem que ser assim ou assim? **(mostrando um dos motores e invertendo as posições)** (...) Eu acho que é assim. Esse lado tem que estar para cima, olha aqui, não! É assim olha aqui.

Citrino: Eu posso ajudar?

Ametista: Olha aqui, tem que ser de assim (sic), barriga pra baixo.

Citrino: Essa é a imagem.

Rubi: Citrino, qual a sua ideia agora?

Citrino: O que você tá fazendo cara, tá quase tudo igual.

Rubi: Mas tava (sic) igual filho! Olha aqui ó, essa peça tava (sic) assim ó, entendeu? Essa aqui tem que ficar para cima.

Ametista: É porque a roda não vai andar.

Citrino: Tem que ficar pra trás né?

Rubi: Então põe pra trás, aí tá certo. Aqui ó, o outro fica melhor, tem que pegar um grandão tipo esse que é cumprido, toma.

As discussões foram intensas durante a montagem. Muitos conceitos foram surgindo sem previsão anterior da pesquisadora e nem dos estudantes. Por exemplo, pela necessidade de manter o equilíbrio do robô, os estudantes perceberam que ele deveria ser simétrico, ou seja, que suas laterais deveriam ter a mesma estrutura, porém de maneira espelhada. Neste momento solicitaram a ajuda da pesquisadora para compreender a simetria axial de figuras e objetos, mostrando como a dialética mídia-meio está presente durante o desenvolvimento dos projetos de robótica. Existem momentos em que os estudantes visitam as obras ao recorrer a informações já existentes, ou de fontes que consideram confiáveis (como a pesquisadora), reforçando a importância do meio. Outros momentos estão conjecturando suas hipóteses por meio de conhecimentos adquiridos (em mídias) no caminho de visitas às obras.

As discussões levaram aos grupos a optar por uma montagem simples, que mantivesse uma estrutura necessária para a utilização do sensor de luz, sensor este capaz de fazer a identificação de uma linha preta para que o robô a seguisse.

Os estudantes demonstraram muito interesse em buscar a melhor alternativa reservando um tempo bastante extenso para a montagem. Para esta análise vamos considerar os resultados obtidos pelos alunos do grupo 2, por terem desenvolvido

uma discussão em que as gravações e áudios foram apresentados com maior clareza e que suas conclusões foram, de certa forma, descritas com mais detalhes.

Para iniciar a análise utilizando o quarteto praxeológico, vamos considerar as duas etapas correspondentes a dois tipos de tarefas T_1 : montar um robô e T_2 : programar um robô. No caso do desafio proposto, podemos descrever as tarefas $t_{1.1}$ e $t_{2.1}$, pertencentes à T_1 e T_2 descritas, respectivamente, a seguir:

$t_{1.1}$: montar um robô seguidor de um trajeto linear de forma independente

$t_{2.1}$: programar um robô seguidor de um trajeto linear de forma independente

O grupo montou um robô bem simples (Figura 9), que julgou ser capaz de responder o desafio proposto. A montagem continha duas rodas dianteiras, que conduziriam o robô por dois motores que seriam programados individualmente, e uma roda traseira apenas para equilibrar a estrutura. À frente do robô foi colocado um sensor de luz para identificar o trajeto a ser seguido. Esta foi a técnica escolhida pelo grupo para responder $t_{1.1}$. Observamos aqui mais um tipo de tarefa T_3 : Identificar a linha (trajeto) a ser percorrida cuja técnica pode ser descrita como segue:

$\tau_{1.1}$: colocar duas rodas dianteiras, com motores individuais e uma roda traseira para equilibrar a estrutura, colocando à frente e centralizado um sensor de luz/cor.

Figura 9 - Seguidor de linha /Grupo 2



Fonte: Banco de dados da autora

As principais dificuldades apresentadas pelos estudantes relativas à montagem dos robôs foram: a escolha das peças que podiam formar a estrutura que necessitavam e o encaixe das peças pelos tamanhos e formatos. Buscando sanar estas dificuldades eles recorreram à *internet* e à pesquisadora, e então conseguiram concluir a montagem a contento. Por meio do apoio da *internet* foi possível pesquisar estruturas de robôs, as principais peças utilizadas em outras montagens, explicações sobre os encaixes das peças e ainda alguns exemplos que serviram de inspiração para a montagem final do grupo. Quanto ao apoio solicitado à pesquisadora, os estudantes procuravam confirmar as sugestões encontradas na pesquisa realizada na *internet* e buscavam investigar com mais profundidade as razões pelas quais algumas escolhas eram mais eficazes que outras, como é o caso de fazer montagens simétricas em virtude do equilíbrio.

É importante ressaltar o uso da internet para buscar informações que os estudantes não tinham. Nesse momento os estudantes visitam a obra, o que é totalmente pertinente com a teoria, pois no paradigma questionamento do mundo prevê-se que em determinados momentos haja visita a obras para buscar informações que estão disponíveis e que não é a resposta ao problema proposto. Neste caso vemos um exemplo clássico da dialética mídia-meio, definida por Chevallard (2007), em que os alunos interagem com a internet, os manuais (mídias), e suas respostas passaram por processos de reformulações ocasionadas pelas validações da pesquisadora (meio). Nesses processos podem ser observados, também, a mobilização de conhecimentos.

Nesse processo de montagem, foi possível observar a mobilização de conceitos matemáticos que pudessem auxiliar para que a estrutura do robô respondesse ao desafio. Alguns dos diálogos registrados mostraram a importância que os estudantes deram à simetria do robô para manter o equilíbrio, a altura máxima que ele poderia alcançar e ainda as dimensões das peças utilizadas.

Neste trecho Citrino percebe que as rodas estão montadas nos motores para o mesmo lado, momento oportuno para discutir simetria.

Citrino: Sabe de uma coisa que você esqueceu de fazer? De colocar a roda ao contrário.

Para responder a t_{11} os estudantes utilizaram a técnica τ_{11} , mas não observaram a importância de colocar as rodas nos motores em sentidos alternados, levando-os a produzir outra tarefa do Tipo de tarefa T_1 , gerando tarefa $t_{1,2}$ e a técnica $\tau_{1,2}$ descritas a seguir:

$t_{1,2}$: construir um robô com um plano de simetria e com as duas rodas dianteiras simétricas em relação a esse plano.

$\tau_{1,2}$: colocar em cada um dos lados do robô um motor com rodas de acordo com um plano de simetria

Outra questão levantada pelos estudantes durante o encontro foi: qual a melhor programação para o seguidor de linha? Esta, por sua vez, tomou menos tempo sendo voltada essencialmente para programar o sensor de luz, que permite identificar cores ou intensidade de luz. Por meio dele, é possível programar o robô para seguir uma linha preta – desafio proposto – e/ou identificar cores numa superfície. Nesse sentido foi possível observar a elaboração de outras tarefas relacionadas aos tipos de tarefas T_2 e T_3 , descritas pelas tarefas $t_{2,1}$ e t_3 , apresentadas a seguir.

$t_{2,1}$: programar o NXT para movimentar o robô ao identificar a linha preta

t_3 : identificar uma linha preta utilizando sensor de luz/cor

No caso particular do desafio lançado, permitia a identificação da linha preta, enviando informações aos motores que, por sua vez, realizavam o movimento do robô, técnica apresentada pela $\tau_{2,1}$.

$\tau_{2,1}$: programar os motores para alternar as forças, permitindo que o robô se locomova.

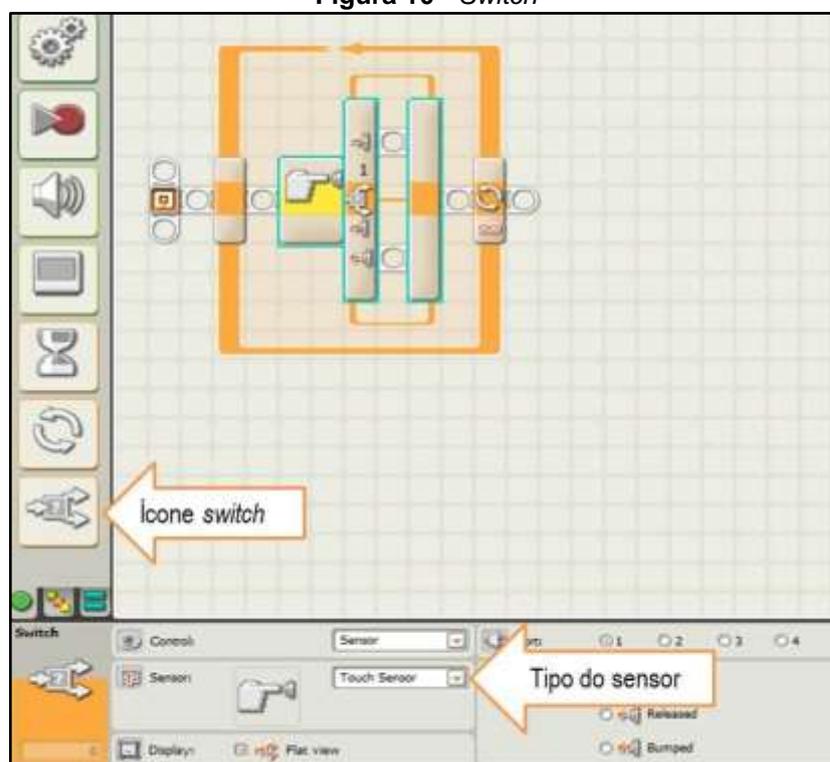
Já para responder tarefa t_3 , foi utilizada a seguinte condição para o sensor de luz: se o sensor de luz identificasse a linha preta, ele indicaria a um dos motores que funcionasse com uma força maior, enquanto que o outro estivesse com uma força quase nula; se o sensor não visualizasse a linha preta, as programações dos motores seriam invertidas, gerando a técnica $\tau_{3,1}$.

$\tau_{3.1}$: se o sensor de luz identificar uma linha preta, ele indica a um dos motores que funcione com uma força maior, e o outro deve manter uma força quase nula; se o sensor não visualizar a linha preta, as programações dos motores devem ser invertidas.

Isso impediria que o robô funcionasse com apenas um dos motores, pois, caso isso acontecesse, ele ficaria andando em círculos e não seguiria a linha. Os estudantes explicaram com clareza e segurança o que pretendiam com a programação, devido às suas experiências anteriores e além das adquiridas durante a competição da OBR, visto que esta é uma condição necessária e muito importante deste evento.

Nesta parte da programação os estudantes optaram pelo período *forever*, do inglês, para sempre, e inseriram o bloco *switch* (Figura 10) dentro do *loop*. O *switch* “permite ao programa avaliar uma condição e, em seguida, um valor lógico verdadeiro ou falso (*True/False*), conforme opções configuradas” (SUZUKI et al., 2010).

Figura 10 - Switch

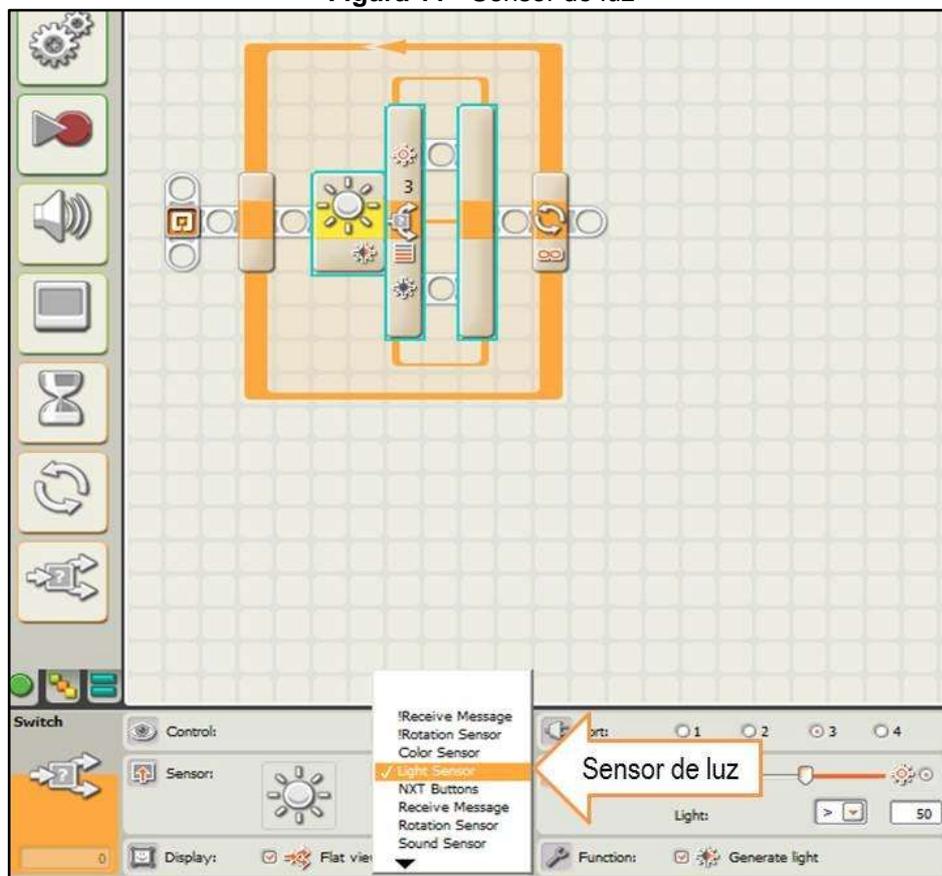


Fonte: Autora

O sensor de luz (Figura 11), ao ser inserido no robô, torna-se um de seus sentidos, neste caso o da visão, permitindo-o identificar claro-escuro, branco-preto. A mesma peça do robô, o sensor de luz, também pode ser utilizada com outra função, a de cor, contudo, inicialmente, talvez pelo próprio nome do sensor, os estudantes optaram por utilizá-lo como um sensor de luz.

O grupo teve que decidir pelo tipo de sensor mais adequado, optando inicialmente pelo sensor de luz.

Figura 11 - Sensor de luz



Fonte: Autora

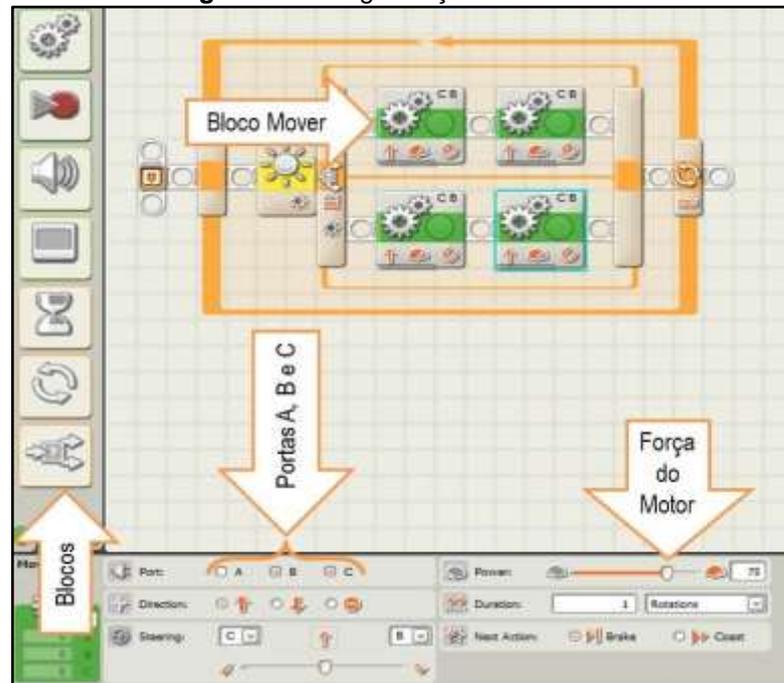
Posteriormente, os motores deveriam ser programados para que o robô se movimentasse. Cada motor foi conectado ao *Bloco Programável* por uma porta²³ (A, B ou C).

Na figura 12 é possível observar os blocos que foram utilizados para programar o robô, como é o caso do bloco *Mover*. ele está diretamente conectado

²³ A Porta é utilizada para definir a direção do motor ou se ele deve permanecer parado.

aos motores C e B. Logo abaixo, o estudante pode definir a porta que deseja utilizar e programar. E por fim, à direita, qual a força de cada motor.

Figura 12 - Programação dos motores



Fonte: Autora

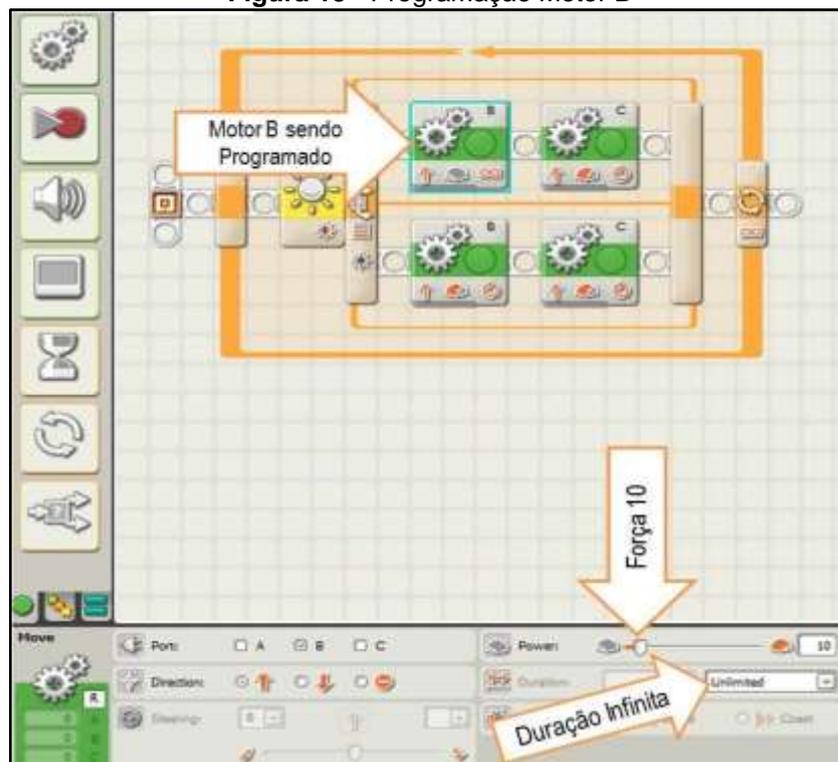
A estratégia utilizada pelo grupo era fazer com que os motores alternassem suas forças, permitindo que o robô se locomovesse. Na Figura 13 é possível observar que o motor B está sendo programado por um pequeno contorno azul sobre o bloco, e sua duração de movimento será infinita com $Power^{24}$ (força) 10 na luz branca e 50 na luz preta. Isto significa que o motor B terá menos força quando o sensor identificar a luz branca, o que fará o motor C mover com mais força girando o robô em direção à linha preta. Ainda na Figura 13 é possível observar que os motores B e C estão sendo programados. Neste sentido, a mesma programação apresentada na figura para o motor B, foi realizada para o motor C de maneira invertida, de modo que quando o motor B tenha força 10 o motor C terá 50, e vice-versa.

Neste trecho é possível observar o estudante descrevendo a programação escolhida pelo grupo:

²⁴ *Power*: nível de potência dos motores (que vai de 0% a 100%). Este valor pode ser ajustado digitando o número na caixa à direita, ou deslizando o ponteiro sobre a barra para a direita ou para a esquerda. (SUZUKI et al., 2010).

Âmbar: Aqui eu coloquei um *Loop* justamente para fazer infinitamente para nunca parar, se parar ele morre então ele nunca vai parar porque ele sempre ele começa. Aqui se ele identificar, aqui na porta 3 (três) que tá o sensor de luz, deu brilho ele vai mexer um pouco motor B, porque o motor B para mexer um pouco justamente para ele não parar e não começar a “flicar”, o motor não ficar “toc, toc, toc”. E aqui ele mexe a 50. E aqui a mesma coisa só que com os motores invertidos então se ele ver a luz, se ele ver a cor branca, praticamente ele mexe só o motor C se ele ver o preto ele mexe o B então isso faz ele fazer isso.

Figura 13 - Programação Motor B



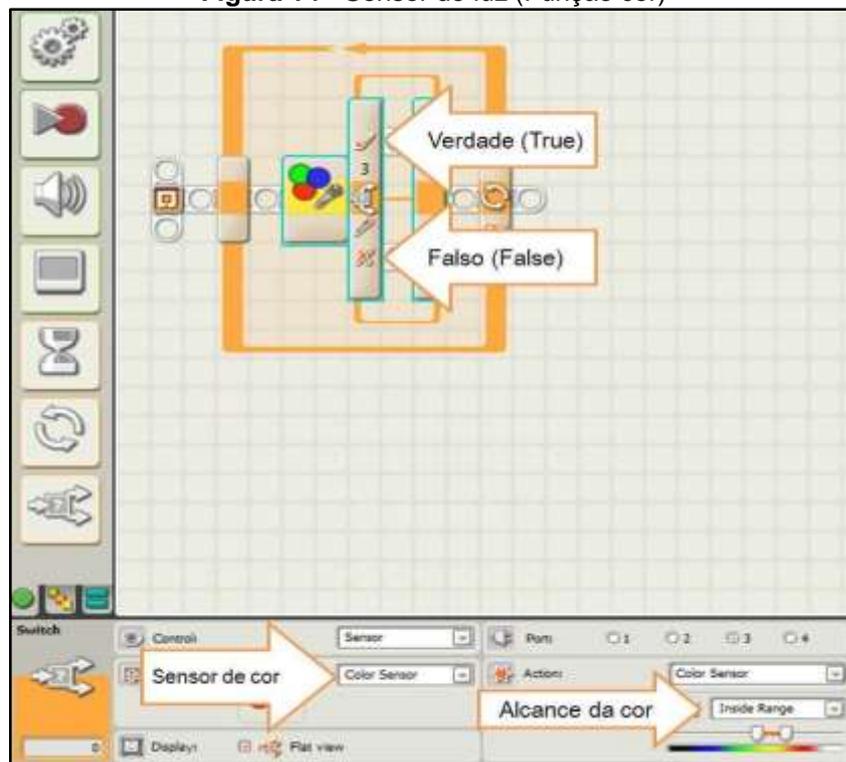
Fonte: Autora

Ao colocar essa programação para executar no NXT, o robô não realizou movimento algum e os estudantes buscaram outra programação para responder ao desafio proposto, chegando à conclusão de que a própria claridade da sala poderia ter influenciado no desempenho do sensor. Vemos aqui um exemplo de retroação oferecida pelo meio que favorece a aprendizagem dos alunos contribuindo com sua autonomia. Esse processo levou os estudantes a elaborarem outra técnica para responder ao tipo de tarefa T_3 .

$\tau_{3.2}$: se o sensor de cor identificar a linha preta, ele deve indicar a um dos motores que funcione com uma força maior, enquanto o outro estiver com uma força quase nula; se o sensor não visualizar a linha preta, as programações dos motores devem ser invertidas.

Para escolher uma nova estratégia de programação o grupo voltou a discutir. O outro grupo também colaborou para desenvolver uma nova programação. Em conjunto, estudantes dos dois grupos e pesquisadora, buscaram utilizar das experiências anteriores, das discussões realizadas em outros encontros sobre o seguidor de linha e até mesmo de quando fizeram o estudo de alguns manuais sobre o Lego NXT, para desenvolver uma nova programação que atendesse ao desafio. Os alunos conseguiram perceber que o próprio sensor de luz poderia ser programado, mas em sua outra função, a de cor. Vemos, na Figura 14, que o *switch* escolhido foi o *color sensor*, o mesmo sensor de luz só que na função sensor de cor.

Figura 14 - Sensor de luz (Função cor)

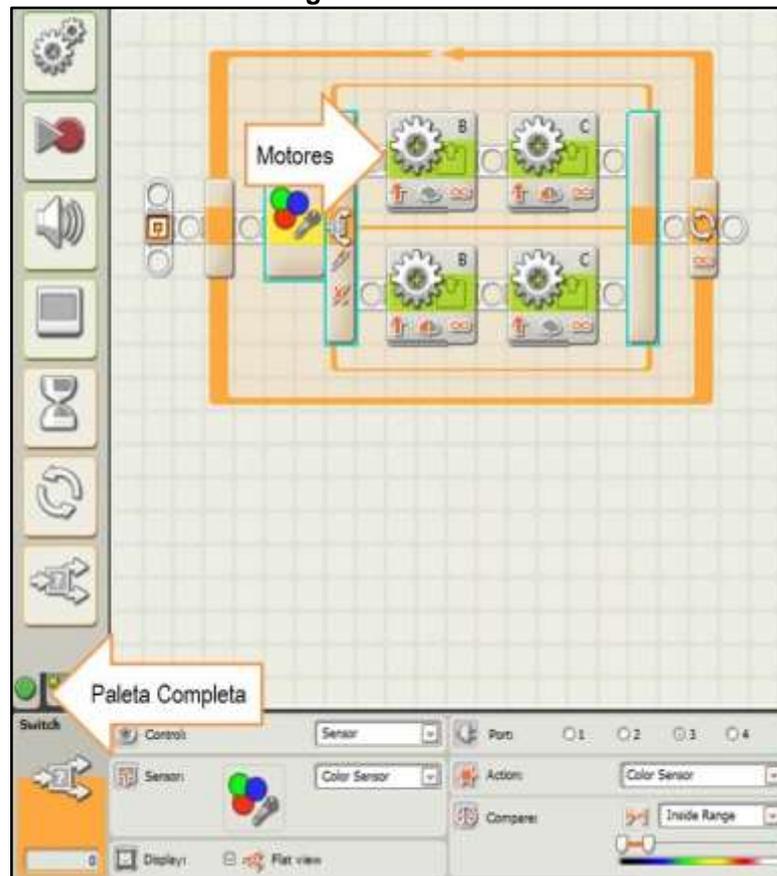


Fonte: Autora

O sensor foi, então, programado para identificar “dentro do alcance” (*Inside Range*) da cor “preta”. Os estudantes optaram também por utilizar o bloco Motor, ao invés do bloco Mover, que fica na paleta completa (Figura 15). Acreditamos que essa escolha tenha sido realizada por tentativa e erro, pois os estudantes não detalharam nenhuma justificativa que comprovasse que a ação tenha algum conceito envolvido.

A ideia da programação atual é a mesma da anterior e é possível observá-la na Figura 15.

Figura 15 - Motores



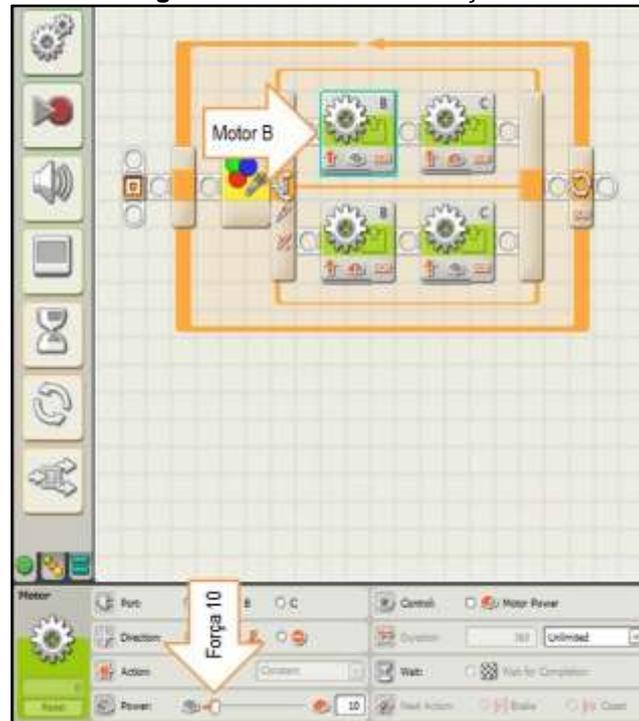
Fonte: Autora

Nesta parte da programação, as alterações podem ser visualizadas na parte inferior da tela, mostrando que os estudantes se preocuparam em conectar os motores, responsáveis em movimentar as rodas, nas duas condições da programação: na condição (*True/Verdadeira*), são programados os motores B e C e na condição (*False/Falsa*) também são programados os motores B e C, esta ideia está apresentada nas Figuras 16 e 17 e será detalhada nos próximos parágrafos. Esta técnica é a mesma utilizada para responder a tarefa t_3 , por meio da técnica τ_{32} .

Observamos que tanto conceitos de lógica (θ_2 e θ_3 - *Lógica de Programação*), como de condicional, foram mobilizados neste momento, mostrando que os alunos podem percorrer por várias áreas da matemática durante a montagem e programação de robôs. A condicional “Se... então”, os valores lógicos de verdadeiro

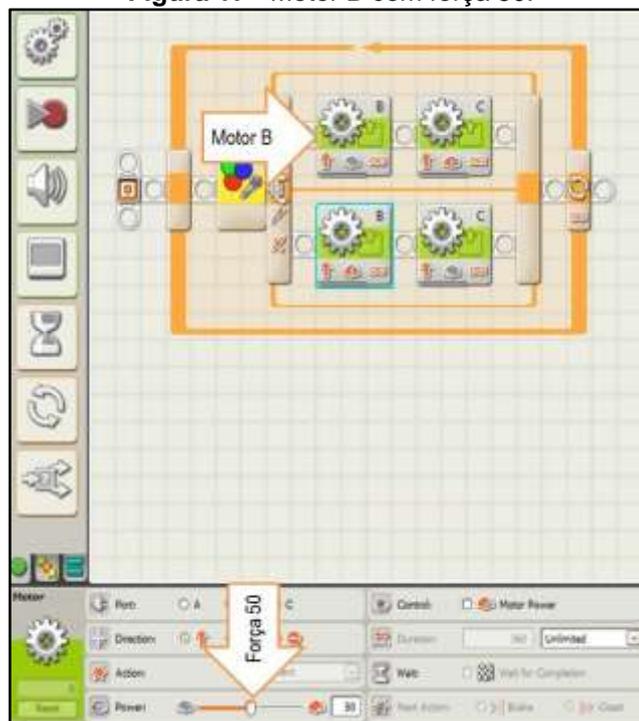
e falso que podem ser admitidos pela condicional, são conceitos necessários em muitas programações.

Figura 16 - Motor B com força 10



Fonte: Autora

Figura 17 - Motor B com força 50.



Fonte: Autora

É possível observar dois momentos: na Figura 16, o sensor identifica a linha preta, o motor B movimenta-se a uma força 10 e o motor C a uma força 50. Na Figura 17 o sensor não identifica a cor preta, então as forças dos motores são invertidas. As imagens apresentam a programação do motor B, mas a programação do motor C foi realizada de modo análogo. Esta programação foi testada e aceita por todos os integrantes do grupo, deixando-os satisfeitos com as conclusões que chegaram.

Todas as ações realizadas pelos estudantes durante o encontro permitiram a observação e análise de algumas questões levantadas pelos próprios estudantes. No âmbito da pesquisa nos interessamos em identificar quais conteúdos matemáticos foram mobilizados, mesmo que indiretamente durante a realização do desafio. Tais conceitos não são claramente explicitados durante o desenvolvimento de atividades com robótica, contudo, é possível identificá-los e observar a naturalidade com que os alunos os tratam neste ambiente. A partir da análise deste encontro, identificamos os seguintes conceitos que emergiram nos diálogos ou nas ações de acordo com as suas necessidades: unidades de medidas, altura do robô, simetria axial, adição e subtração de decimais, além do raciocínio lógico e da organização do pensamento.

Foi possível observar que durante a montagem, a simetria foi assunto de discussão e troca de ideia. Os estudantes discutiam sobre a necessidade de inverter as posições das rodas ao montá-las nos motores, afinal, se ambas ficassem para o mesmo lado o robô ficaria desequilibrado. Buscaram explicitar suas preocupações, inclusive questionando a pesquisadora sobre a simetria e sua importância nesta situação. Além disso, durante a montagem, as dimensões das peças e até da montagem final do robô os conduziram a uma discussão sobre altura, unidades de medida, e até mesmo adição e subtração de números decimais, pois as medidas de peças pequenas aparecem como submúltiplos do metro. Os alunos apresentaram interesse em compreender melhor a aplicação do algoritmo da adição e da subtração.

Durante a programação ao utilizar a condicional “Se... então” da proposição que identificava a linha preta, os valores lógicos “verdadeiro e falso” foram peça chave para desenvolver o desafio. Sem este conhecimento, mesmo que sem formalização, a programação não teria sido concluída e o grupo não conseguiria

completar o desafio, ou seja, encontrar a R_{\heartsuit} da Q_0 : como programar um robô que segue uma linha preta, sem o auxílio de controle remoto?

No Quadro 1 estão apresentados os elementos das organizações praxeológicas $[T, \tau, \theta, \Theta]$ referentes à montagem: “Robô seguidor de linha”. Por conter funções com variáveis de entrada e saída e conectivos lógicos do tipo *e*, *ou* e *não*, os tipos de tarefas T_2 e T_3 , o elemento Θ (teoria) está respaldado na *Álgebra de Boole*. Em nosso caso observamos a condicional “Se... então” sendo utilizada para programar o sensor de luz/cor e o conectivo **ou** para definir se ocorre a função verdadeira ou falsa.

Quadro 2 - Organizações praxeológicas da montagem do "Seguidor de linha"

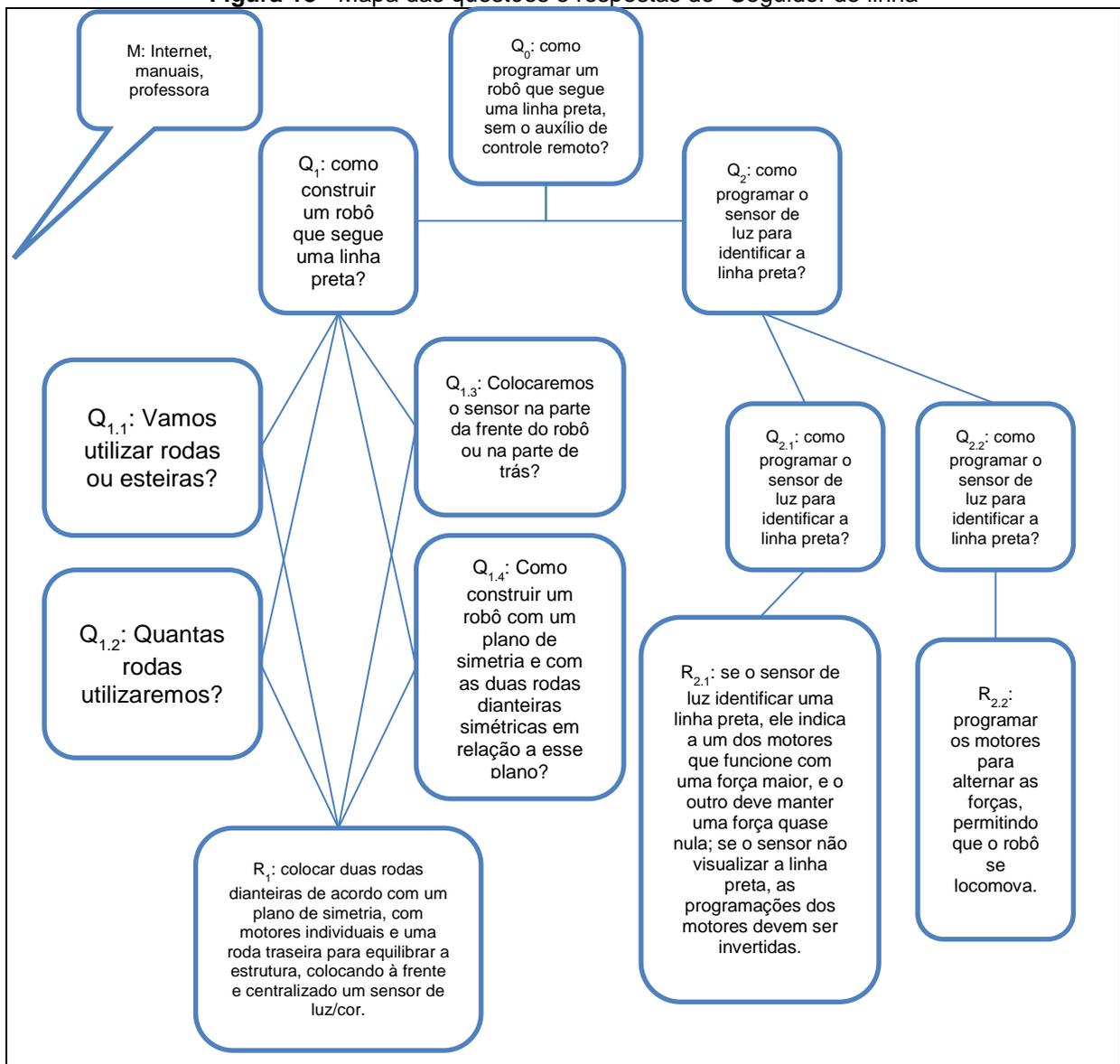
Tipo de tarefas (T)	Tarefas (t)	Técnicas (τ)	Tecnologia (θ)
T ₁ – Construir um robô seguidor de linha.	t _{1.1} – montar um robô seguidor de um trajeto linear de forma independente	$\tau_{1.1}$ – colocar duas rodas dianteiras, com motores individuais e uma roda traseira para equilibrar a estrutura, colocando à frente e centralizado um sensor de luz/cor.	$\theta_{1.1}$ – Observação da experiência.
	t _{1.2} – construir um robô com um plano de simetria e com as duas rodas dianteiras simétricas em relação a esse plano.	$\tau_{1.2}$ – colocar em cada um dos lados do robô um motor com rodas de acordo com um plano de simetria	$\theta_{1.2}$ – Simetria.
T ₂ – Programar o NXT.	t _{2.1} – programar um robô seguidor de um trajeto linear de forma independente	$\tau_{2.1}$ – programar os motores para alternar as forças, permitindo que o robô se locomova.	θ_2 - Algoritmos. Fluxogramas. Portas digitais de Entrada/Saída.
T ₃ – Identificar um trajeto linear.	t ₃ – Identificar uma linha preta utilizando sensor de luz/cor	$\tau_{3.1}$ – se o sensor de luz identificar uma linha preta, ele indica a um dos motores que funcione com uma força maior, e o outro deve manter uma força quase nula; se o sensor não visualizar a linha preta, as programações dos motores devem ser invertidas.	θ_3 - Algoritmos. Fluxogramas. Portas digitais de Entrada/Saída.

		$\tau_{3.2}$ – se o sensor de cor identificar a linha preta, ele deve indicar a um dos motores que funcione com uma força maior, enquanto o outro estiver com uma força quase nula; se o sensor não visualizar a linha preta, as programações dos motores devem ser invertidas.	
--	--	---	--

Fonte: Elaborado pela autora

No esquema a seguir apresentamos o mapa das questões e respostas desenvolvidas pelos estudantes nestes encontros.

Figura 18 - Mapa das questões e respostas do "Seguidor de linha"



Fonte: Elaborado pela autora

5.2 Montagem: Robô que contorna obstáculos

Nesta sessão faremos a exposição dos encontros ocorridos nos dias 11 e 25 de setembro de 2018 quando os estudantes foram desafiados a construir e programar um robô que pudesse contornar um objeto grande, como uma cadeira por exemplo. Assim, a questão geradora pode ser modelada como segue:

Q₀: como programar um robô que contorne obstáculos grandes sem o uso de sensores?

Como no caso anterior os estudantes se dividiram em dois grupos, no grupo 1 ficaram 4 estudantes do 6º e 7º anos, e no grupo 2 estavam 3 alunos de 8º e 9º anos. Como o desafio proposto foi construir um robô capaz de contornar uma cadeira sem tocar nas suas extremidades, os grupos buscaram diversas estratégias com o propósito de responder a esse desafio e para isso estabeleceram algumas outras questões que consideraram pertinentes relacionadas às decisões que teriam que tomar. A partir das respostas a estas questões, derivadas da questão geradora, deveriam obter a resposta à questão inicial, a R♥.

Para a solução do desafio proposto, a questão geradora foi desmembrada nas seguintes questões derivadas:

Q₁: Como construir um robô que contorne a cadeira?

Q₂: Como fazer com que o robô vire em um ângulo de 90º ao chegar ao final da extremidade da cadeira?

Q_{2.1}: Como virar o robô 90º para a direita ou para a esquerda?

Q₃: Como calcular o comprimento da roda?

Durante as discussões, é possível que muitos dos conceitos tenham sido apenas mencionados, pela falta de tempo em aprofundá-los, mas isso não minimiza a sua importância, muito pelo contrário, evidenciá-los nestes momentos pode gerar curiosidade nos estudantes para que sintam necessidade em estudá-los. Unidades de medidas; regra de três simples; ângulos; divisão; fração; perímetro; e o comprimento da circunferência foram conceitos que emergiram no debate. Neste trecho é possível observar que os estudantes procuravam estratégias para medir o comprimento do pneu, até então sem a utilização de fórmula. Uma das estudantes sugeriu:

Safira: Tipo (...) vamos supor que tem uma marcação assim aí, você marca a roda no ponto inicial, na hora que ele for andar você vai vendo a marcação dele, quantos milímetros ou quantos centímetros ele vai andar.

Os grupos mantiveram a escolha por uma montagem com uma quantidade mínima de peças, suficientes apenas para manter uma estrutura com rodas fixadas ao bloco programável, demonstrando muito interesse em buscar as respostas para as questões por meio de discussões e pesquisa.

Novamente, para esta análise, vamos considerar os resultados obtidos pelos estudantes do grupo 2, devido a clareza com que foram tratados os temas e pela qualidade do material áudio/visual produzido no encontro.

Como no encontro anterior, a montagem e a programação correspondem a dois tipos de tarefas T_4 e T_6 , em que T_4 corresponde a construir um robô e T_6 a programar um robô, que por sua vez geram tarefas $t_{4.1}$, $t_{4.2}$ e $t_{6.1}$.

$t_{4.1}$: construir um robô que contorne uma cadeira.

$t_{4.2}$: construir um robô que desenha um círculo.

$t_{6.1}$: programar o robô para que contorne uma cadeira.

A montagem do grupo escolhido, apresentada na Figura 19, traz um robô que contém duas rodas dianteiras, que se movimentam pela condução dos motores a elas conectados. Na parte traseira é possível observar uma roda, sem pneu, que foi colocada apenas para equilibrar a estrutura do robô. Por fim, o grupo acrescentou, na lateral do robô, um braço que sustentaria uma caneta.

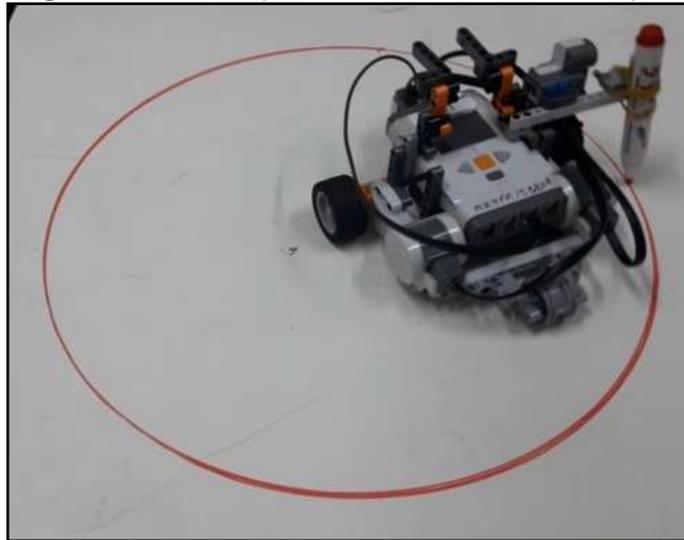
Observamos aqui a tarefa $t_{4.2}$ sendo exigida pelo grupo por meio da necessidade de desenhar um círculo para medir a quantidade de rotações que a roda deve percorrer em $\frac{1}{4}$ de volta.

$\tau_{4.1}$: posicionar duas rodas dianteiras para conduzir o robô por dois motores individuais e uma roda traseira para equilibrar a estrutura.

$\tau_{4.2}$: colocar duas rodas dianteiras, para conduzir o robô por dois motores individuais, e uma roda traseira para equilibrar a estrutura. Adaptar um braço mecânico como suporte para uma caneta em uma das laterais do robô.

Nas discussões registradas do grupo 2, os estudantes apresentaram um plano para que o robô virasse 90° para a direita ao chegar na extremidade da cadeira. Para isso, uma das estudantes sugeriu que construíssem, primeiramente, um robô com uma caneta acoplada, de modo que fosse possível desenhar um círculo na mesa. Um dos motores, conectado a uma das rodas, deveria ser programado para mover-se com duração ilimitada, enquanto o outro motor seria mantido sem movimento algum.

Figura 19 - Robô que contorna obstáculos/Grupo 2



Fonte: Banco de dados da autora

No trecho a seguir, podemos verificar uma estratégia utilizada pelo grupo para tentar responder à questão “Q₁: Como fazer com que o robô vire um ângulo de 90° ao chegar na extremidade da cadeira?”. Para isso, construíram e programaram um robô que realizasse o desenho de um círculo. Depois do desenho, os estudantes propuseram verificar quantos centímetros foram percorridos no círculo inteiro, utilizando barbante e régua, para que pudessem dividi-lo em quatro partes e assim descobrir centímetros percorre em $\frac{1}{4}$ de volta, ou seja, para virar o robô em 90° .

Safira: a gente tem que pegar, fazer essa roda parar aqui e deixar ele fazer um círculo completo.

Âmbar: e depois dividir por 4.

Safira: aham.

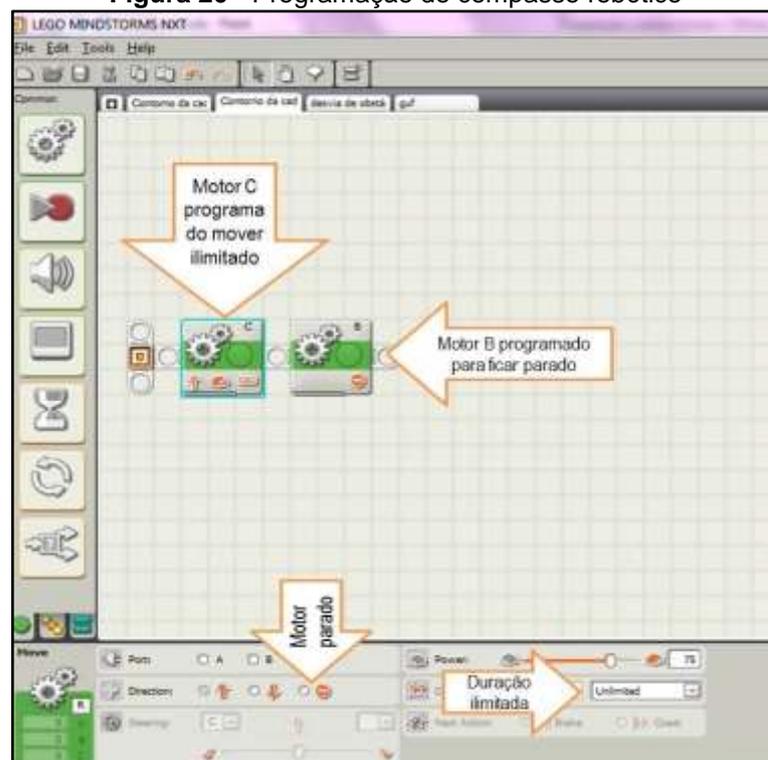
Âmbar: fazendo assim a gente descobre quanto que vai daqui até aqui (**indicando uma volta inteira**), depois fazendo a regra de três, para poder dar a rotação certa para a gente poder fazer ele (sic) virar totalmente para esquerda, a gente vai ter um número, esse número em centímetro; a gente não vai ter em rotações, a gente vai

fazendo a regra de três e aí a gente tem o número de rotações. Vai ficar bem mais fácil de fazer.

Safira: ...que ele faça a volta para esquerda completa.

Todos os integrantes do grupo concordaram com a estratégia proposta e iniciaram a montagem, resultando no robô trazido na Figura 19. Já a programação para esta etapa do projeto está apresentada na Figura 20. Os estudantes nomearam esta montagem em “Compasso robótico”, pois o robô desenhava um círculo. Esse robô foi montado apenas para responder a Q₁, contudo, parte de sua estrutura, como rodas, motores e bloco programável, já serviriam para responder a Q₀. Nesta etapa do projeto, observamos a mobilização de conceitos como os de frações do ângulo, quando um dos estudantes disse que estariam utilizando $\frac{1}{4}$ do círculo para girar 90°.

Figura 20 - Programação do compasso robótico



Fonte: Autora

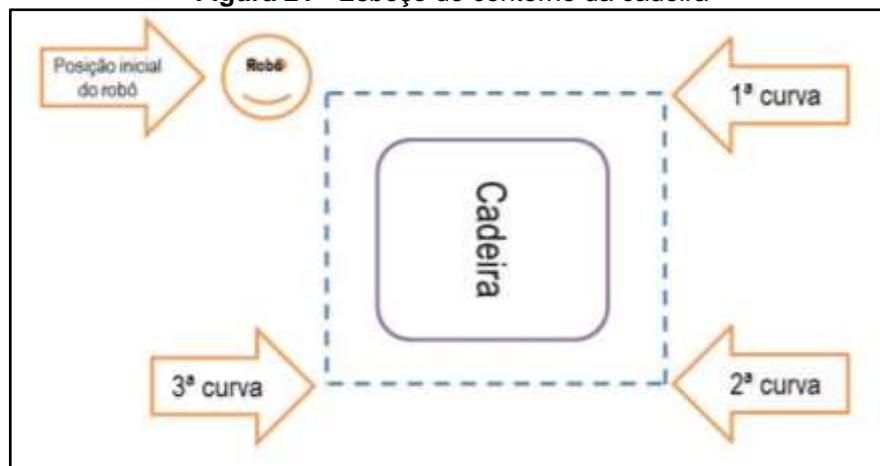
Ao prosseguir com as discussões, os estudantes retomaram a questão geratriz que consiste em montar e programar um robô para contornar uma cadeira. Sugeriram, então, medir o contorno da cadeira, utilizando uma régua, para saber qual era o trajeto que deveria ser percorrido pelo robô e verificaram que cada lateral

da cadeira possuía 42 cm. O contorno da cadeira é um quadrilátero. Os estudantes utilizaram das informações adquiridas ao construir, programar e observar o “compasso robótico” para auxiliar na tomada de decisões desta etapa do projeto, ou seja, para que o robô travasse uma roda e virasse 90° ao chegar a um dos vértices do quadrilátero.

Ao observar na Figura 21 podemos verificar que o robô deveria sair da posição inicial até a 1ª curva, parar e travar uma das rodas para virar 90° para a direita, voltar a andar até a 2ª e 3ª curvas, repetindo o procedimento descrito anteriormente para então retornar a posição inicial completando todo o quadrilátero.

É importante mencionar que este desafio auxiliaria os estudantes a desenvolver conceitos e estratégias, de montagem e programação para realizar curvas para direita ou para a esquerda. Esses conhecimentos seriam essenciais para responder a outros desafios, como desviar de obstáculos menores, que trazemos na próxima sessão. Na Figura 21 podemos observar um esboço de como a programação foi planejada.

Figura 21 - Esboço do contorno da cadeira



Fonte: Autora

Um dos estudantes sugeriu utilizar regra de três para calcular quantas rotações seriam necessárias para que o robô percorresse os 42 cm antes de virar para a esquerda ou para a direita. Mas para isso, outra colega sugeriu que deveriam, então, primeiramente calcular o comprimento da roda. Neste instante podemos perceber outros conceitos sendo mobilizados, como o de comprimento do círculo, gerando assim um novo tipo de tarefa T_5 , calcular o comprimento da

circunferência. Para o nosso caso, este tipo de tarefa pode ser descrito como a tarefa t_5 .

t_5 : calcular o comprimento da circunferência da roda do robô.

Como os estudantes haviam montado e programado um robô para desenhar um círculo e utilizaram de instrumentos, como barbante e régua, para medir o seu comprimento, perceberam que poderiam fazer isso utilizando outras estratégias, como o uso da fórmula. Esta discussão foi subsidiada com o auxílio da pesquisadora, pois os estudantes questionaram sobre uma maneira de calcular o comprimento da roda sem utilizar instrumentos, como barbante e régua.

Num dos pontos do debate foi possível perceber que os estudantes começaram a relembrar conceitos que foram discutidos nas aulas de matemática, pois, já haviam utilizado uma fórmula para calcular o comprimento da circunferência e acabaram utilizando este conhecimento para calcular o comprimento da roda.

Âmbar: então aqui a gente vai fazer o seguinte né, a gente vai ter um raio completo. O que a gente vai ter aqui é o diâmetro né, então a gente vai ter o diâmetro e multiplicar pelo π (Pi)?

Lidiane: mas há outra forma de fazer? A gente poderia medir a roda utilizando o barbante, por exemplo?

Âmbar: mas eu acho que a parte da conta seria mais fácil (...) que em todas as circunferências sempre é $2 \cdot \pi \cdot r$ (...) tá duas vezes o raio.

Jade: duas vezes 3,14 . 1 raio.

Consultando o manual, numa evidência da influência da dialética mídia-meio, os estudantes viram que a medida, de 43,2 mm, do diâmetro da roda veio especificada no produto. Então, prosseguiram com as discussões lembrando que para calcular o comprimento de uma circunferência usa-se a fórmula $C = 2 \cdot \pi \cdot r$, em que $2r = 43,2$ mm e $\pi \cong 3,14$. Neste caso, uma rotação completa da roda corresponde a cerca de 135,648 mm = 13,5648 cm. Para esses valores encontrados e utilizando regra de três, proposta pelo estudante, chegaram à conclusão de que precisariam de aproximadamente 3 rotações completas para percorrer um dos lados da cadeira. Todas essas conclusões serviram para responder Q₃: Como calcular o comprimento da roda? e para gerar a técnica τ_5 a seguir:

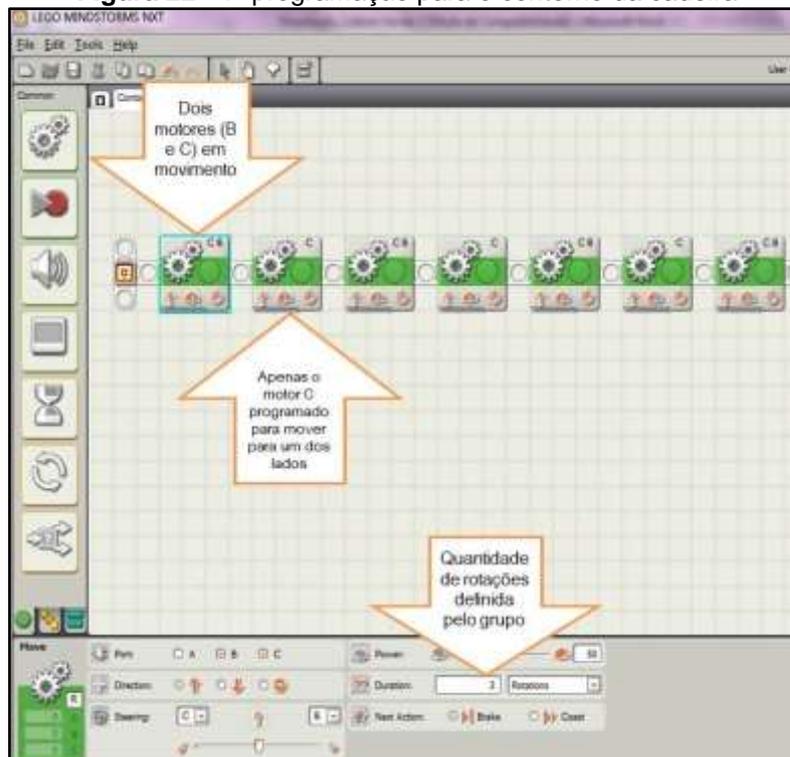
τ_5 : calcular o comprimento (perímetro) da circunferência, representada pela roda, utilizando a fórmula $C = 2r \cdot \pi$.

Mas e quanto a Q_2 : Como virar o robô 90° para a direita ou para a esquerda? Esta questão gerou parte da programação apresentada na Figura 22, visto que um dos motores ficou travado, enquanto o outro se movia, mantendo o robô na mesma posição, porém mudando de direção. Os estudantes já haviam realizado parte desta experiência, quanto programaram o “Compasso robótico”.

Podemos observar também, na Figura 22, que os motores B e C se movem 4 (quatro) vezes e que o motor C fica travado 3 (três) vezes. Isso mostra que os estudantes se preocuparam em realizar a programação para os 4 (quatro) lados da cadeira.

τ_6 : programar os motores alternando as forças aplicadas a cada motor para que o robô se desloque.

Figura 22 - 1ª programação para o contorno da cadeira



Fonte: Autora

Como no esboço da Figura 21, os estudantes escolhiam um dos pés da cadeira para servir de ponto inicial, conforme a Figura 23. Caso ele saísse da lateral

esquerda da cadeira, que é o caso da Figura 23, deveria virar para a direita e vice-versa.

Figura 23 - Posição inicial do robô para contornar a cadeira.



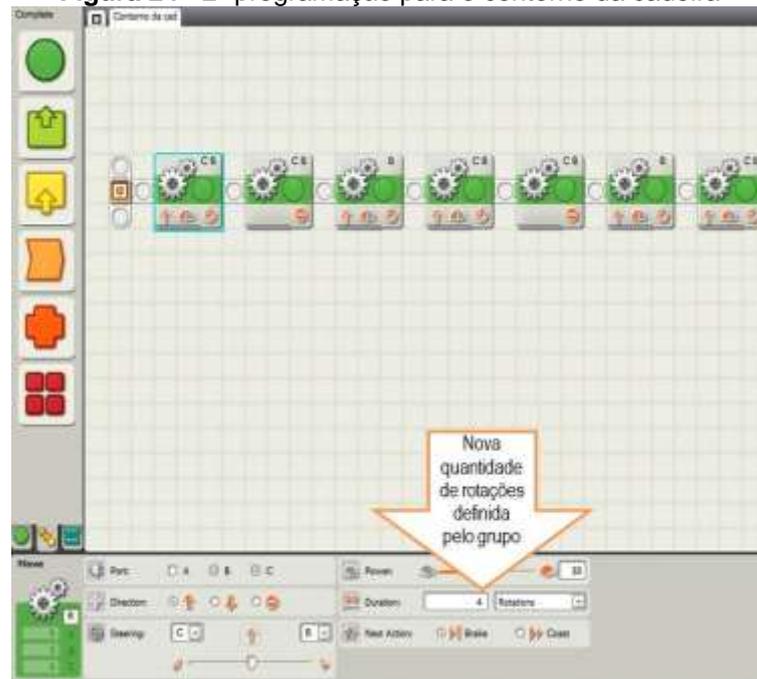
Fonte: Banco de dados da autora

Após definir o sentido (direita ou esquerda) que o robô deveria seguir, testaram a programação. Contudo, ao testar essa programação não obtiveram êxito, pois os estudantes não levaram em consideração o fato de que para completar um lado e fazer a curva o robô necessitaria de mais de 3 (três) rotações, visto que a quantidade calculada era exatamente para percorrer de uma extremidade a outra da lateral da cadeira. Então decidiram manter a mesma programação, por apresentar certa coerência, e alteraram apenas o número de 3 para 4 rotações, para percorrer a lateral da cadeira, como apresentado na Figura 24.

Esta programação é considerada a R♥, pois foi por meio dela que os estudantes responderam a questão Q₀: como programar um robô que contorne obstáculos grandes sem o uso de sensores? Ela foi testada, dando resposta satisfatória e, com isso, os estudantes consideraram que o desafio foi completado.

O processo de busca pelas respostas punção mostra como as dialéticas estão presentes no desenrolar do projeto, pois, os estudantes se organizam de forma em que existam momentos de estudo e pesquisa (fórmula $C = 2 \cdot \pi \cdot r$), recorrendo às mídias ou ao meio do qual fazem parte (informações dos manuais e da pesquisadora) renunciando a criação própria para contribuir com a construção do grupo.

Figura 24 - 2ª programação para o contorno da cadeira



Fonte: Autora

No Quadro 2 apresentamos os elementos das organizações praxeológicas [T, τ , θ , Θ] referentes à montagem “Robô que contorna obstáculos”.

Quadro 3 - Organizações praxeológicas da montagem do "Robô que contorna obstáculos"

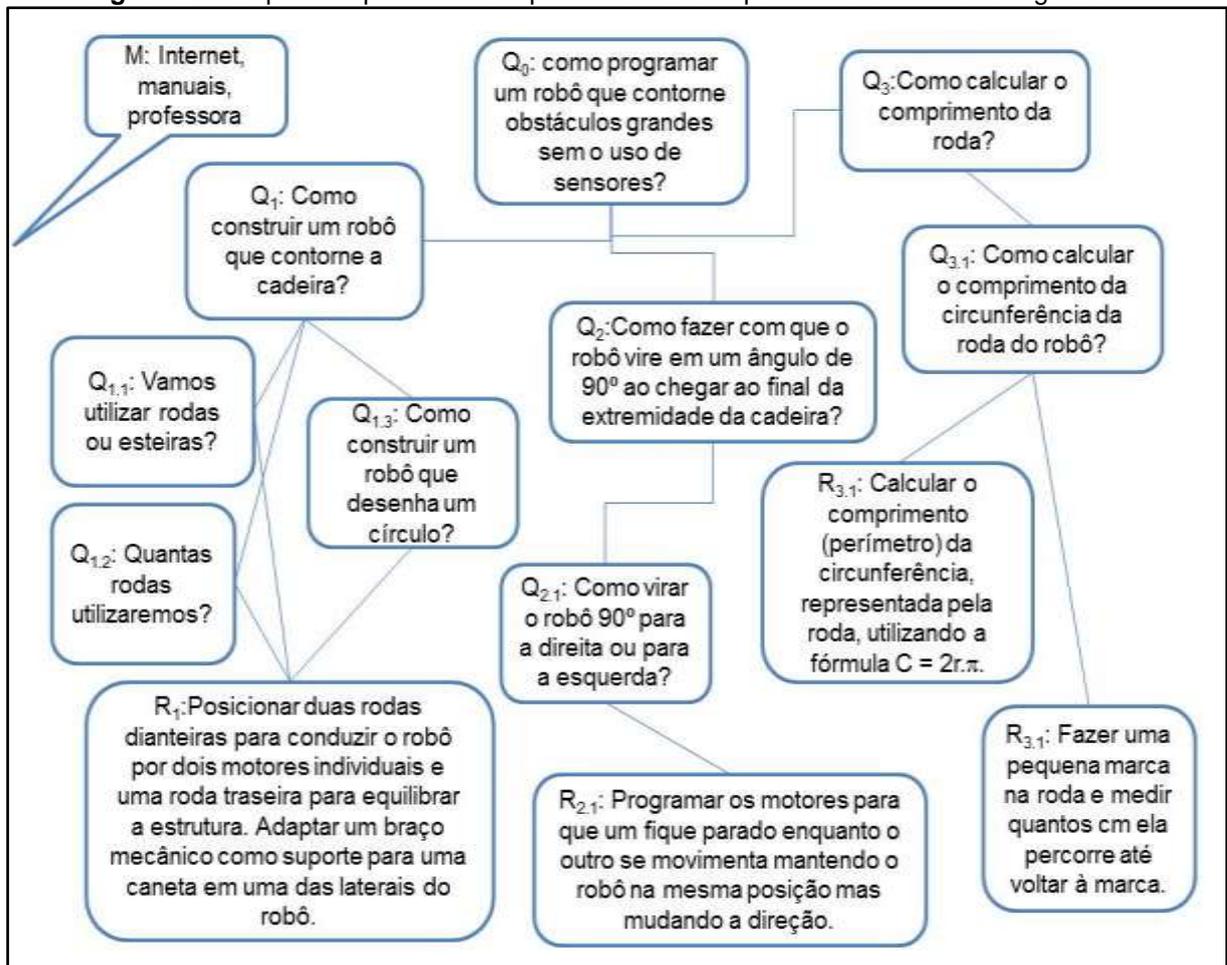
Tipo de tarefas (T)	Tarefas (t)	Técnicas (τ)	Tecnologia (θ)
T ₄ – Construir um robô que contorna obstáculos	t _{4.1} – Construir um robô que contorna uma cadeira.	$\tau_{4.1}$ – posicionar duas rodas dianteiras para conduzir o robô por dois motores individuais e uma roda traseira para equilibrar a estrutura.	$\theta_{4.1}$ – Observação da experiência. $\theta_{4.1}$ – Mudança de direção e ângulos.
	t _{4.2} – Construir um robô que desenha um círculo.	$\tau_{4.2}$ – colocar duas rodas dianteiras, para conduzir o robô por dois motores individuais, e uma roda traseira para equilibrar a estrutura. Adaptar um braço mecânico como suporte para uma caneta em uma das laterais do robô.	$\theta_{4.2}$ – Observação da experiência.
T ₅ – Calcular o comprimento da circunferência	t ₅ – calcular o comprimento da circunferência da roda do robô.	τ_5 – calcular o comprimento (perímetro) da circunferência, representada pela roda, utilizando a fórmula $C = 2r \cdot \pi$.	θ_5 – Circunferências e círculos.

T ₆ – Programar o NXT.	t ₆ – Programar o NXT para que o robô contorne uma cadeira.	τ ₆ – programar os motores alternando as forças aplicadas a cada motor para que o robô se desloque.	θ ₆ - Algoritmos. Fluxogramas. Portas digitais de Entrada/Saída.
-----------------------------------	--	--	---

Fonte: Elaborado pela autora

No esquema a seguir (Figura 25) apresentamos o mapa das questões e respostas desenvolvidas pelos estudantes nestes encontros.

Figura 25 - Mapa das questões e respostas do "Robô que contorna obstáculos grandes"



Fonte: Elaborado pela Autora

5.3 Montagem: Robô que desvia de obstáculos pequenos

Os encontros que vamos relatar nesta sessão tratam da montagem e programação de um robô que desvia de obstáculos, de um objeto pequeno, como uma garrafa de 1 litro de água, por exemplo, de forma independente, ou seja, sem

auxílio de controle remoto. Este é um componente importante que o robô que participa da OBR deve cumprir. Os obstáculos são considerados barreiras que obrigam o robô a sair do caminho traçado (linha preta) e retornar logo em seguida.

Diferentemente do desafio apresentado na sessão 4.2, em que o robô deveria percorrer todo o perímetro do quadrilátero que representa o entorno da cadeira, sem o auxílio de sensores, neste caso o robô deveria desviar do obstáculo, ou seja, ao perceber o obstáculo (utilizando de sensores) o robô deveria sair de sua rota, pela direita ou pela esquerda, e após passar o obstáculo deve retornar a sua rota.

Para este desafio foram reservados dois encontros, nos dias 16 de outubro de 2018 e no dia 06 de novembro do mesmo ano. Nestes encontros, assim como nos demais, os estudantes se dividiram em grupos conforme o estabelecido para a participação na OBR. No grupo 1 ficaram 4 estudantes de 6º e 7º anos, e no grupo 2 estavam 4 alunos de 8º e 9º anos.

No caso da OBR os obstáculos podem possuir tamanhos distintos, porém, devem ter um tamanho mínimo e máximo e possuir peso suficiente que impeça o robô de empurrá-lo ao serem tocados, inclusive podem ser presos no piso da arena. Podem ser utilizados pedras ou tijolos para representar o obstáculo, ou ainda caixas de leite UHT cheias de areia ou água. Neste caso os estudantes devem construir e programar robôs capazes de desviar de obstáculos guiados apenas pela programação de sensores, como no desafio proposto para esse encontro.

A questão geradora, ou questão problemática pode ser modelada da seguinte forma:

Q₀: como programar um robô que desvia de obstáculos, utilizando sensores e sem o auxílio de controle remoto?

O desafio proposto foi construir um robô capaz de desviar de obstáculos estabelecidos pela pesquisadora. Para melhor responder ao desafio, os estudantes subdividiram-no em partes que consideravam necessárias, levando em conta a tomada de decisões no que tange a montagem e programação do robô. Novamente, montagem e a programação são questões derivadas de Q₀. Sendo assim temos:

Q₁: como construir um robô que desvia de obstáculos pequenos?

Q₂: como programar um robô que desvia de obstáculos pequenos?

Para conseguir alcançar esse desafio os estudantes iniciaram as discussões, buscando identificar a melhor montagem. Neste momento a questão geradora foi dividida nas seguintes questões derivadas, pertinentes ao processo de montagem,

tais como: Vamos utilizar rodas ou esteiras? Quantas rodas utilizaremos? Devemos colocar o sensor ultrassônico em qual altura para que possa identificar o obstáculo? Todas as questões relativas à montagem e suas respostas, permitiram avançar na direção da R♥.

Buscando seguir a mesma organização trazida nas sessões deste capítulo, podemos identificar novamente dois tipos de tarefas T_7 e T_8 , em que T_7 corresponde a construir um robô e T_8 a programar um robô, que por sua vez geram tarefas t_7 e t_8 .

t_7 : construir um robô que desvia de obstáculos.

t_8 : programar o robô para que desvie de obstáculos.

Muito se discutiu durante a montagem. Alguns conceitos como: cálculo de distância, mudança de unidades de medidas, implicação ou condicional, emergiram naturalmente. As montagens continham componentes simples, como o bloco programável, rodas e um sensor ultrassônico.

Vamos analisar os resultados obtidos pelos estudantes do grupo 1, de estudantes do 6º e 7º ano, devido a clareza com que foram tratados os temas, pela qualidade do material áudio/visual produzido e pela conclusão da montagem deste desafio, ainda no primeiro encontro.

Ao observarmos a Figura 26 podemos verificar que os estudantes estruturaram o bloco programável sobre 4 rodas – duas dianteiras com pneus e duas traseiras sem os pneus – para manter o robô levemente suspenso na parte frontal. Isto possibilitaria inserir outros sensores no robô, como o de luz, por exemplo, caso fosse necessário. Em cada lateral podemos observar um motor, ligado a uma das rodas dianteiras, o que permitiu a movimentação do robô, por meio da programação dos motores. Além das rodas e do bloco programável, foi incluída na montagem um sensor ultrassônico, já que uma das condições do desafio era que o robô desviasse de um objeto utilizando sensores.

Com todas essas especificações da montagem do robô foi possível identificar a técnica τ_7 elaborada pelo grupo.

τ_7 : colocar duas rodas dianteiras, para conduzir o robô por dois motores individuais, e duas rodas traseiras para equilibrar a estrutura, posicionando à frente e centralizado um sensor ultrassônico.

Este também é um desafio inspirado na prova da OBR, pois, como vimos anteriormente, na competição o robô deve desviar de obstáculos que podem estar sobre o caminho a ser percorrido.

Figura 26 - Robô de desvia de obstáculos



Fonte: Banco de dados da autora

Os estudantes sentiram dificuldades para montar a estrutura, pois não estavam conseguindo equilibrar o sensor ultrassônico à frente do bloco programável. Neste momento recorreram à internet, manuais de montagem e à pesquisadora para elaborar uma estratégia de montagem que respondesse as necessidades do desafio, ou seja, que respondesse a Q_1 . Novamente vemos evidências da dialética mídia-meio para a tomada de decisões do grupo.

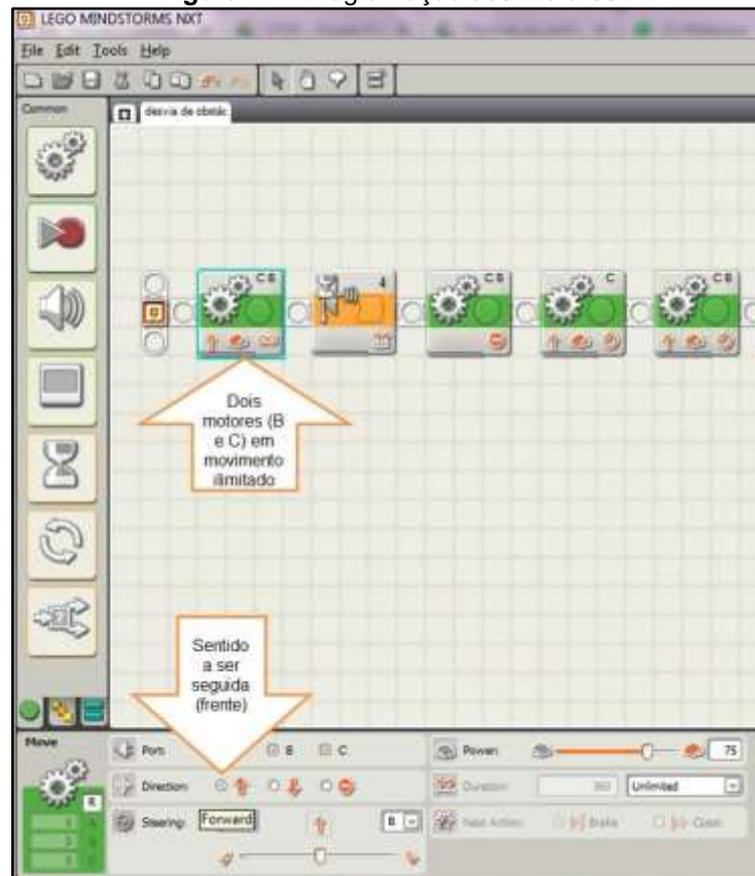
Durante a programação, outras questões derivadas surgiram, tais como: Qual a distância ideal para que o robô identifique o obstáculo de modo que tenha angulação suficiente para virar sem tocar no obstáculo? Quantas rotações são necessárias para que o robô vire 90° para a direita ou para a esquerda? Como calcular a distância percorrida pelo robô em cada rotação? Todas estas questões visam responder à questão Q_2 : como programar um robô que desvia de obstáculos pequenos?

Na Figura 27 podemos observar que o grupo optou por iniciar a programação movimentando o robô utilizando os motores C e B por meio do bloco “Mover”.

Posteriormente, identificamos outro tipo de tarefa relacionada à programação do sensor ultrassônico T_9 : Identificar o obstáculo.

t_9 : Identificar um obstáculo utilizando sensor ultrassônico.

Figura 27 - Programação dos motores

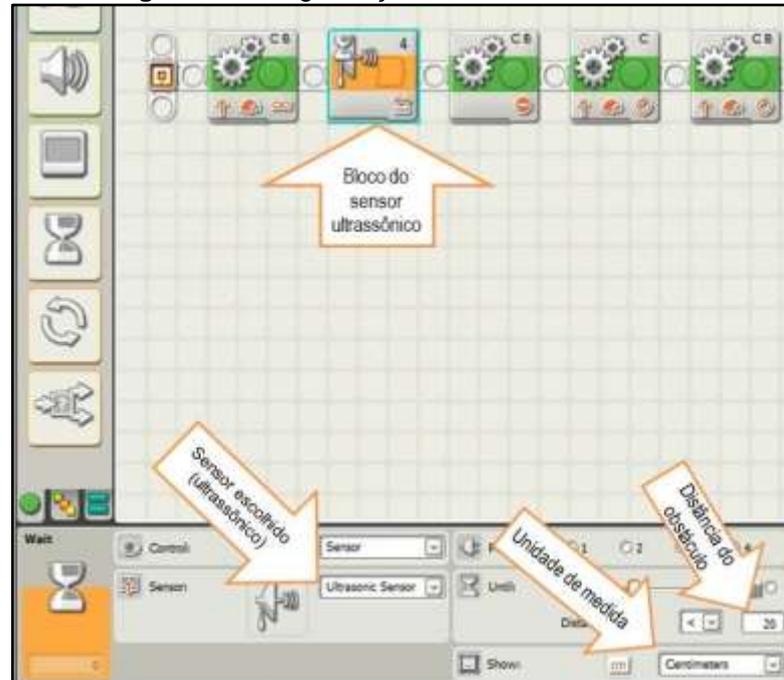


Fonte: Autora

Neste caso, o sensor ultrassônico permitiria identificar o obstáculo a uma determinada distância (escolhida pelo estudante), a partir do momento em que o robô começasse a se movimentar. Ao identificar o obstáculo (Figura 28) os motores C e B deveriam parar (Figura 29). Um deles (no caso o escolhido foi o motor C) deveria: virar para a esquerda ou para a direita em um ângulo de 90° (Figura 30), seguindo a mesma estratégia utilizada na sessão 4.2; voltar a se movimentar para frente o suficiente para desviar do obstáculo; virar novamente para a esquerda ou para a direita e repetir esses movimentos outras duas vezes, de modo que retornasse ao sentido inicial. Toda essa organização foi esboçada pelos estudantes antes de colocar no *software* de programação, gerando a técnica τ_9 .

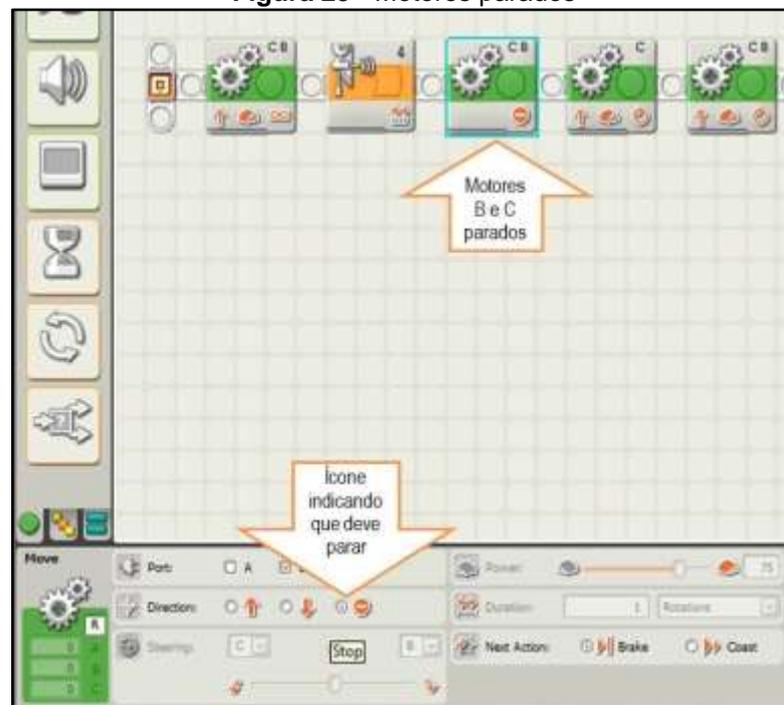
τ_9 : se o sensor ultrassônico identificar um obstáculo, ele indica aos motores para pararem.

Figura 28 - Programação do sensor ultrassônico



Fonte: Autora

Figura 29 - Motores parados

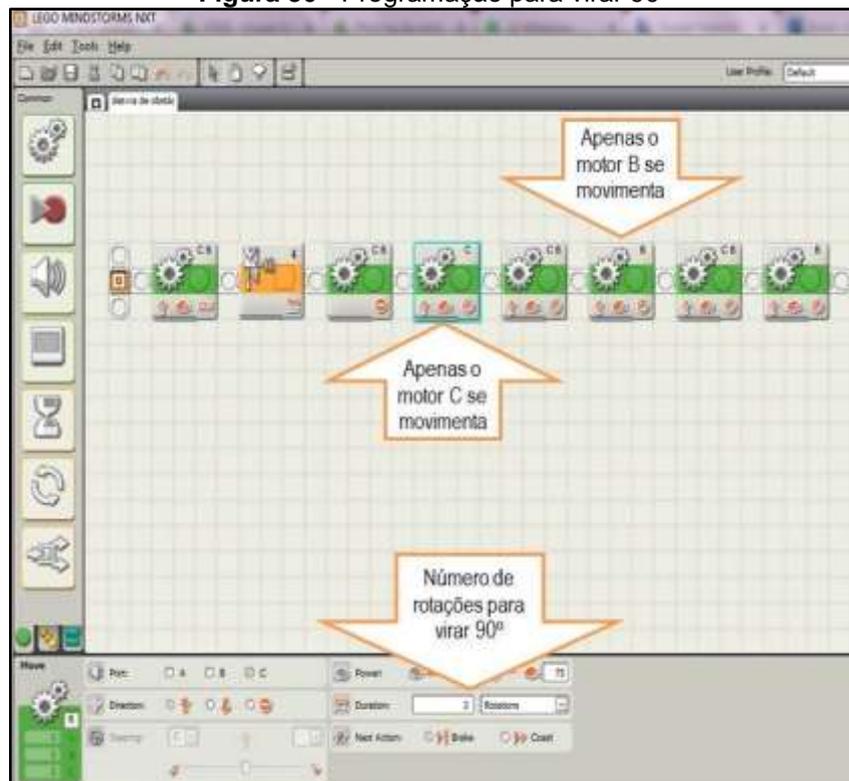


Fonte: Autora

Isso nos levou a observar a técnica utilizada pelo grupo para responder a tarefa t_8 : programar o robô para que desvie de obstáculos.

τ_8 : programar os motores para movimentar o robô para frente e ao identificar o obstáculo os motores param, um dos motores volta a se movimentar virando o robô 90°, os motores voltam a se movimentar em conjunto para frente até liberar o obstáculo, repetindo o movimento 3 vezes para retornar ao sentido inicial.

Figura 30 - Programação para virar 90°



Fonte: Autora

Neste trecho da conversa entre um dos estudantes e a pesquisadora foi possível observar a estratégia utilizada para programar como o robô deveria virar para desviar do obstáculo ao identifica-lo por meio do sensor ultrassônico:

Citrino: eu mandei um robô entrar no *loop*, fazer para sempre e ele andar para sempre, quando ele detectar a mão de alguém que passar na frente dele ou obstáculo que tiver na frente ele fazer o percurso que eu mandei ele fazer (...) desviar do obstáculo. Neste bloco ele vai andar uma rotação (**da roda**) com 50 de força.

Lidiane: E por que ele vai andar uma rotação? Se ele andar uma rotação você garante que ele vai desviar de obstáculo?

Citrino: Não, por isso que fazemos os testes (...) mas ele vai andar ilimitado para passar para o próximo bloco. Lidiane: E qual é o próximo bloco?

Citrino: Sensor ultrassônico (...) quando ele detectar alguma coisa que tá na frente dele ele vai fazer o percurso de desviar de obstáculo (...) com isso a gente vai adicionar a porta B para virar uma rotação, senão ele vai andar demais. Daí ele

anda, olha isso aqui eu vou ter que arrumar.

Lidiane: Mas deixa eu te perguntar um negócio, uma rotação e ele tá virando? Ele tá virando quando você coloca uma rotação? Mostra com mouse lá para professora onde tá isso. Ele tá virando ou ele tá indo reto nessa uma rotação?

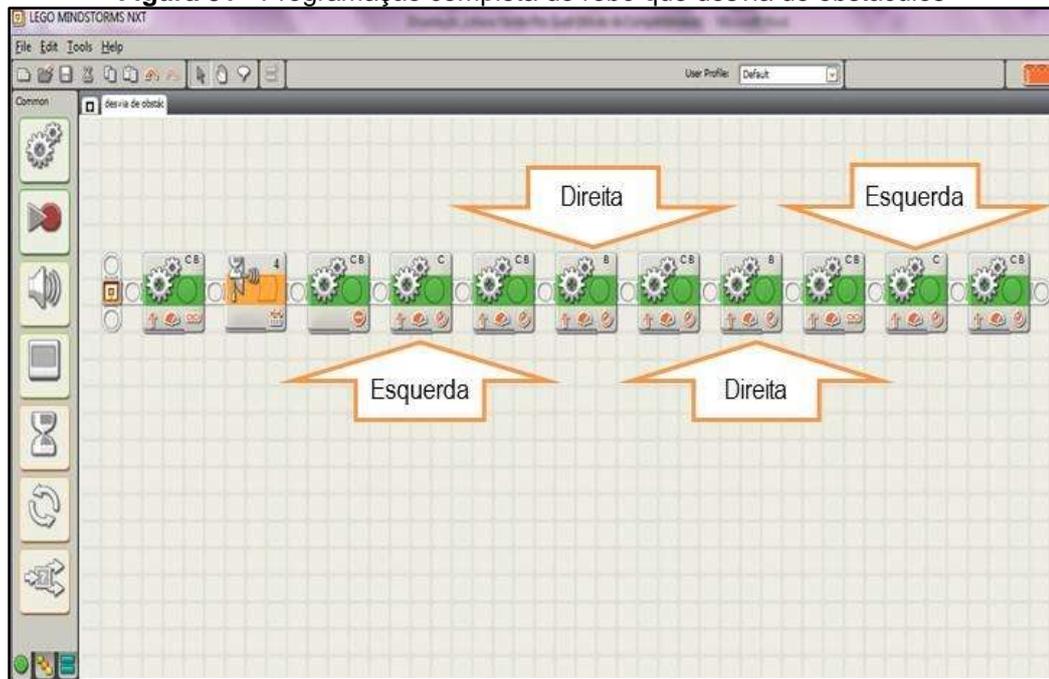
Citrino: Ele tá virando, porque eu travei uma porta para ele rodar só uma.

Lidiane: Você travou um dos motores?

Citrino: Quando ele para um, ele vai mexer só um.

Conceitos como: unidades de medidas; regra de três simples; ângulos; e o comprimento da circunferência, foram identificados durante as discussões dos grupos e serviriam como disparadores para discussões posteriores, em sala de aula, realizando relações com as situações ocorridas nos encontros relatados.

Figura 31 - Programação completa do robô que desvia de obstáculos



Fonte: Autora

Durante a programação questões de lateralidade foram essenciais para responder ao desafio. Sem este conhecimento, a programação não teria sido concluída e o grupo não conseguiria completar o desafio, ou seja, encontrar a R♥ da Q₀: como programar um robô que desvia de obstáculos, utilizando sensores e sem o auxílio de controle remoto?

No Quadro 3 estão apresentados os elementos das organizações praxeológicas [T, τ , θ , Θ] referentes à montagem: “Robô que desvia de obstáculos pequenos”.

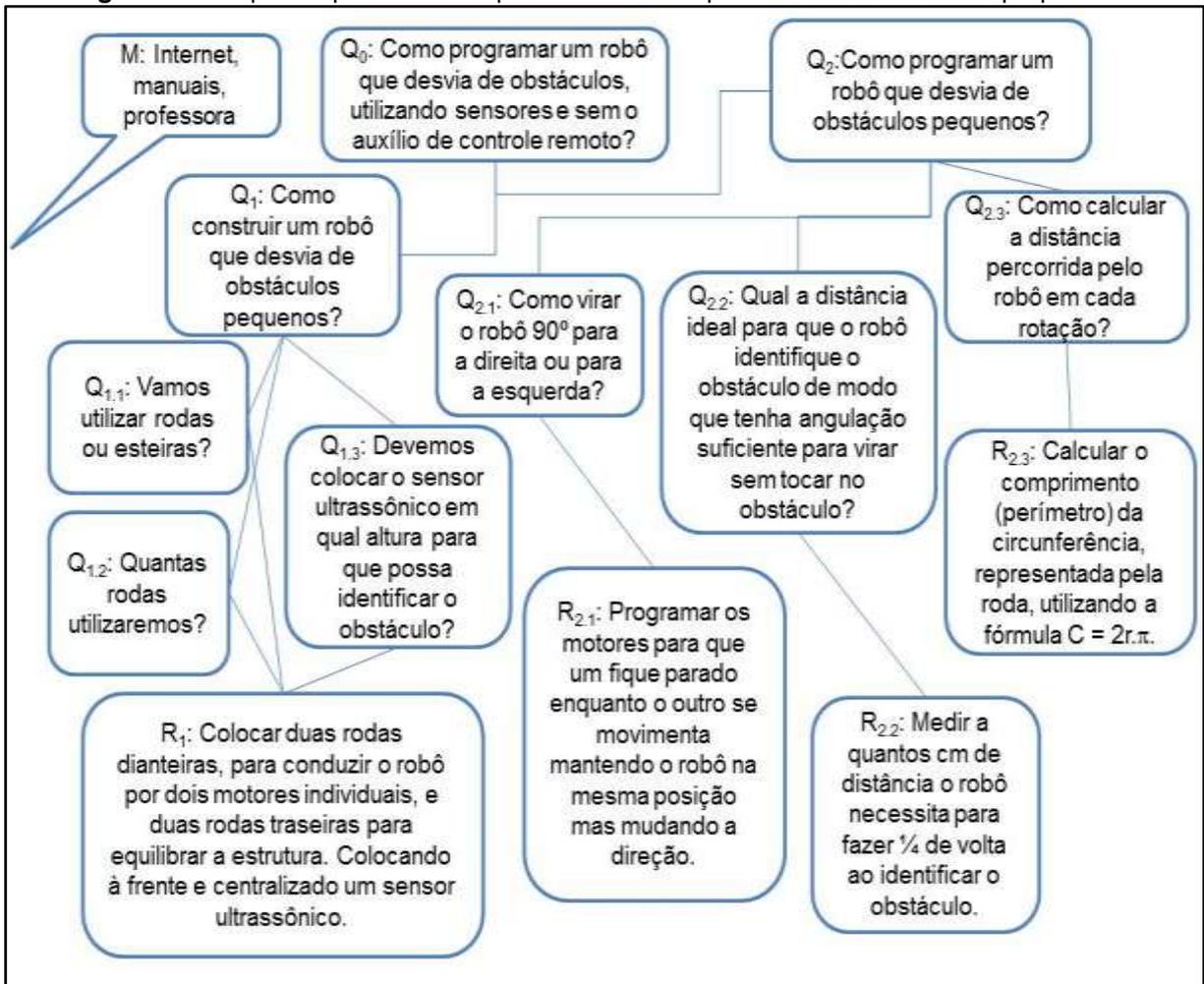
Quadro 4 - Organizações praxeológicas da montagem do "Robô que desvia de obstáculos pequenos"

Tipo de tarefas (T)	Tarefas (t)	Técnicas (τ)	Tecnologia (θ)
T ₇ – Construir um robô.	t ₇ – construir um robô que desvia de obstáculos de forma independente	<i>τ_7 – colocar duas rodas dianteiras, para conduzir o robô por dois motores individuais, e duas rodas traseiras para equilibrar a estrutura. Colocando à frente e centralizado um sensor ultrassônico.</i>	θ_7 – Observação da experiência.
T ₈ – Programar o NXT.	t ₈ – programar um robô para que desvie de obstáculos de forma independente	<i>τ_8 – programar os motores para movimentar o robô para frente e ao identificar o obstáculo os motores param, um dos motores volta a se movimentar virando o robô 90°, os motores voltam a se movimentar em conjunto para frente até liberar o obstáculo, repetindo o movimento 3 vezes para retornar ao sentido inicial.</i>	θ_8 - Algoritmos. Fluxogramas. Portas digitais de Entrada/Saída.
T ₉ – Identificar o obstáculo.	t ₉ – Identificar um obstáculo utilizando sensor ultrassônico.	<i>τ_9 – se o sensor ultrassônico identificar um obstáculo, ele indica aos motores para pararem.</i>	θ_9 - Algoritmos. Fluxogramas. Portas digitais de Entrada/Saída.

Fonte: Elaborado pela autora

No esquema a seguir apresentamos o mapa das questões e respostas desenvolvidas pelos estudantes nestes encontros.

Figura 32 - Mapa de questões e respostas do "Robô que desvia de obstáculos pequenos"



Fonte: Elaborada pela autora

5.4 Montagem: Robô Competidor

Nesta sessão vamos relatar como foi desenvolvida a montagem e programação do robô utilizado para competir na OBR. Neste caso, o robô deveria seguir linha preta, desviar de obstáculos, ultrapassar redutores de velocidade e ultrapassar os gaps (falhas na linha preta). Para competir, ainda seria necessária a montagem e programação para a área de resgate, contudo, por se tratar da primeira vez que o time participou de um evento deste porte, e por não se sentirem preparados para executar toda a prova, os próprios estudantes manifestaram o desejo de manter apenas os primeiros desafios.

Esta montagem ocorreu em duas etapas, antes da competição, no dia 02 de agosto de 2018 e após a competição no dia 07 de agosto do mesmo ano. Nestes

encontros os estudantes se dividiram em grupos conforme o estabelecido para a participação na OBR, no grupo 1 ficaram 4 estudantes de 6º e 7º anos, e no grupo 2 estavam 4 alunos de 8º e 9º anos.

Tanto para um encontro como para o outro o desafio proposto era construir e programar um robô que pudesse **seguir linha preta, desviar de objetos**, desafios já descritos nas sessões anteriores e ainda, superar redutores de velocidade e gaps.

Como já mencionado cada um desses elementos da prova é representado de maneira bem simples: a linha preta por ser construída utilizando-se de fita isolante, para os obstáculos podem ser utilizados tijolos encapados ou caixas de leite cheias de areia, os redutores de velocidade são pequenos cilindros com o diâmetro de um lápis, encapados com papel branco e os gaps são falhas nas linhas pretas de no máximo 10 cm. Todos os desafios foram montados pela pesquisadora, momentos antes do encontro com os estudantes, sobre uma mesa grande de madeira branca (MDF).

Neste encontro podemos modelar a questão geradora, ou questão problemática que os estudantes tinham para resolver como sendo a seguinte:

Q₀: como programar um robô que realiza o percurso estabelecido pela linha preta, desviando dos obstáculos, superando os redutores de velocidade e os gaps?

Esta questão envolve várias ações e os estudantes, para respondê-la, subdividiram-na em partes que consideravam necessárias, levando em conta a tomada de decisões no que tange a montagem e programação do robô. Estas, por sua vez, são questões derivadas de Q₀.

As discussões iniciaram primeiramente voltadas para a montagem. O processo de montagem sugerido para o desenvolvimento desta pesquisa não prevê o uso de materiais didáticos ou manuais de montagem, portanto, a escolhida pelos estudantes é de sua autoria. Sendo assim, muitas outras questões podem surgir no momento da montagem, tais como: O que é mais viável para responder ao desafio, o uso de rodas ou esteiras? Se escolhermos rodas, quantas devemos utilizar? Para identificar os obstáculos vamos precisar do sensor ultrassônico, qual altura para que ele possa identificar o obstáculo? Como o sensor de luz é imprescindível para identificar a linha preta, qual deve ser a estrutura necessária para mantê-lo a uma altura possível para que possa identificar a linha preta? Todas as questões relativas à montagem e suas respostas permitiram avançar na direção da resposta final ou R♥.

Podemos identificar dois tipos de tarefas T_{10} e T_{11} , em que T_{10} corresponde a construir um robô e T_{11} a programar um robô, que por sua vez geram tarefas t_{10} e t_{11} .

t_{10} : estruturar um robô que segue linha, desvia de obstáculos, ultrapassa gaps e redutores de velocidade de forma independente.

t_{11} : programar um robô para que segue linha, desvie de obstáculos ultrapassa gaps e redutores de velocidade de forma independente.

Figura 33 - Robô Competidor

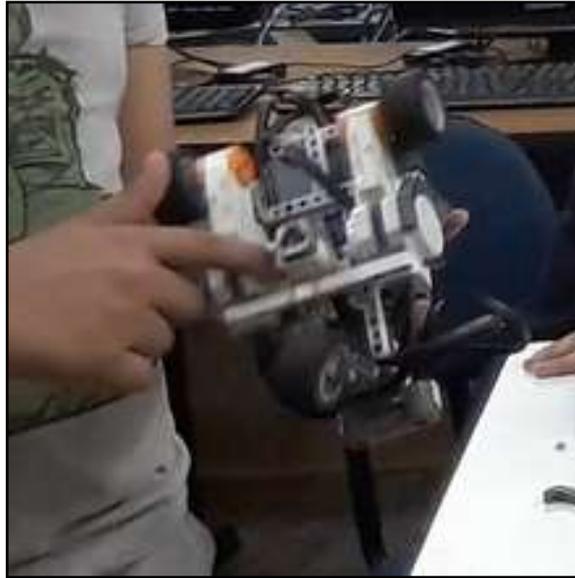


Fonte: Banco de Dados da Autora

Foi possível identificar momentos em que os estudantes buscam informações na internet, por meio do computador e celular para executar a montagem. Modelos de outros robôs, guias de montagens e manuais foram utilizados para inspirar a montagem dos grupos. Observamos aqui, mais uma vez, o funcionamento das dialéticas estudo-pesquisa e mídia-meio no que se trata da busca de informações para concluir a tarefa solicitada.

τ_{10} : colocar duas rodas dianteiras, para conduzir o robô por dois motores individuais, e uma roda traseira para equilibrar a estrutura. Colocar à frente e centralizado um sensor ultrassônico. Colocar à frente e na parte inferior um sensor de cor.

Figura 34 - Sensor de luz do robô competidor



Fonte: Banco de Dados da Autora

Uma das dificuldades dos grupos estava relacionada à colocação do sensor de luz na parte inferior do robô de tal modo que fosse possível a leitura da linha preta, mas que não atrapalhasse a ultrapassar os redutores de velocidade. A altura do sensor deveria ser escolhida de tal modo que este ficasse próximo da linha preta, porém que tivesse distância suficiente para não enroscar no redutor de velocidade. Esta preocupação foi identificada neste trecho da montagem:

Citrino: Como é que a gente vai fazer para andar na linha e como é que ele vai passar no redutor de velocidade? Tô com medo desse daqui (**indicando sensor de luz**) não deixar ele passar no redutor de velocidade.

Lidiane: Mas olhando assim para o robô, o que vocês podem fazer para minimizar esse problema?

Ametista: E se a gente trocar a roda colocar essa no lugar daquela outra?

Com relação aos conceitos mobilizados, dentre os registrados pela pesquisadora, durante a montagem os estudantes discutiram: figuras geométricas, retas paralelas e perpendiculares, cálculo de distância, mudança de unidades de medidas. As montagens continham componentes simples, como o bloco programável, rodas, sensor de luz/cor e um sensor ultrassônico.

Assim como na sessão 5.1, o sensor de luz foi utilizado para identificar a linha preta, e na sessão 5.3, o sensor ultrassônico foi utilizado para identificar possíveis

obstáculos, gerando outras duas tarefas T_{11} e T_{12} , em que T_{11} corresponde a identificar um trajeto linear e T_{12} a desviar do obstáculo.

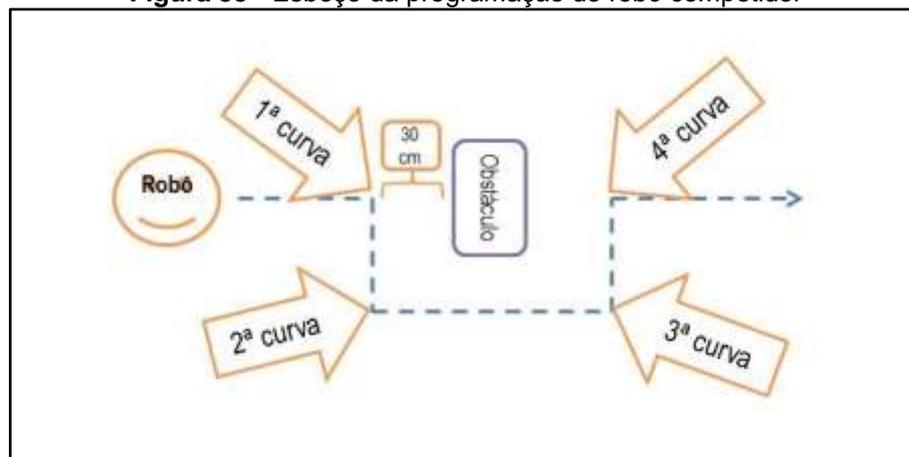
t_{11} : Identificar uma linha preta utilizando sensor de cor.

t_{12} : Desviar de um obstáculo utilizando sensor ultrassônico.

Durante a programação, outras questões derivadas da questão geradora, surgiram para contribuir com o avanço em direção da R♥, tais como: O sensor de luz identifica a linha preta? Qual função do sensor de luz responde melhor a leitura da linha preta: luz ou cor? O que fazer para o robô manter-se no percurso mesmo com falha da linha preta (gap)? Qual a força necessária para que o motor consiga superar o redutor de velocidade? Qual a distância ideal para que o robô identifique o obstáculo de modo que tenha angulação suficiente para virar sem tocar no obstáculo? Quantas rotações são necessárias para que o robô vire 90° para a direita ou para a esquerda? Como calcular a distância percorrida pelo robô em cada rotação?

A programação esboçada pelos estudantes (Figura 35) seguiu determinados passos que conduziram o caminho para chegar na R♥.

Figura 35 - Esboço da programação do robô competidor



Fonte: Autora

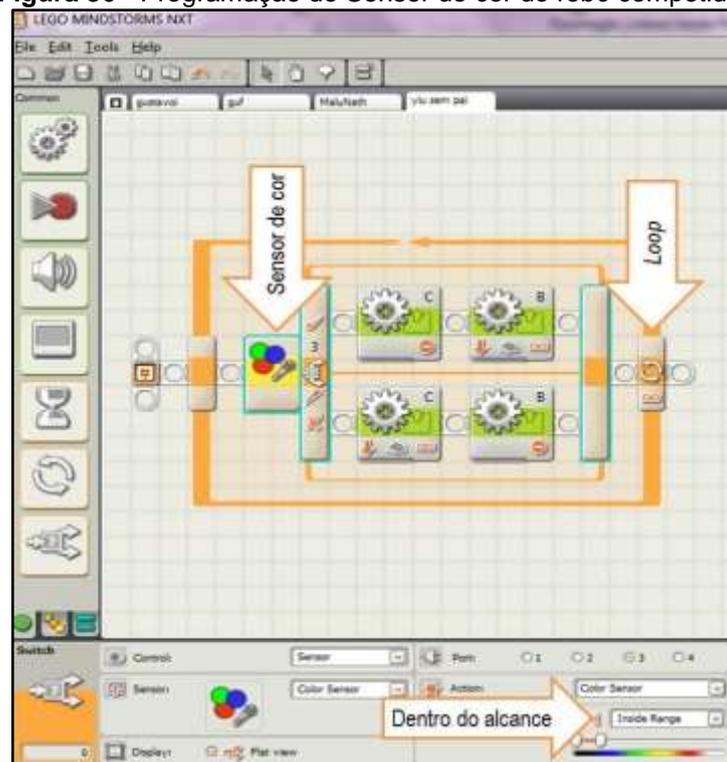
Por meio das gravações foi possível observar as discussões sobre quais blocos deveriam ser utilizados e qual sequência que deveria ser respeitada. Sendo assim, o robô deveria iniciar seguindo a linha e ao identificar um obstáculo deveria

parar, virar 90° para a direita e prosseguir seguindo a linha preta, repetindo esta ação três vezes alternando as direções até retornar ao caminho da linha.

Para programar um robô seguidor de linha os estudantes utilizaram o *switch* que dá a possibilidade para programar usando uma condição que admite os valores lógicos, verdadeiro ou falso (*True/False*). Os estudantes iniciaram com a programação do sensor de cor. Toda programação foi colocada dentro de um *Loop* para que fosse executada indefinidamente. É possível observar, na Figura 36, que o sensor foi programado para identificar “dentro do alcance” (*Inside Range*) da cor “preta”.

τ_{11} : Se o sensor de cor identificar a linha preta, ele deve indicar a um dos motores²⁵ que funcione com uma força maior, enquanto o outro não se movimentar; se o sensor não visualizar a linha preta, as programações dos motores devem ser invertidas.

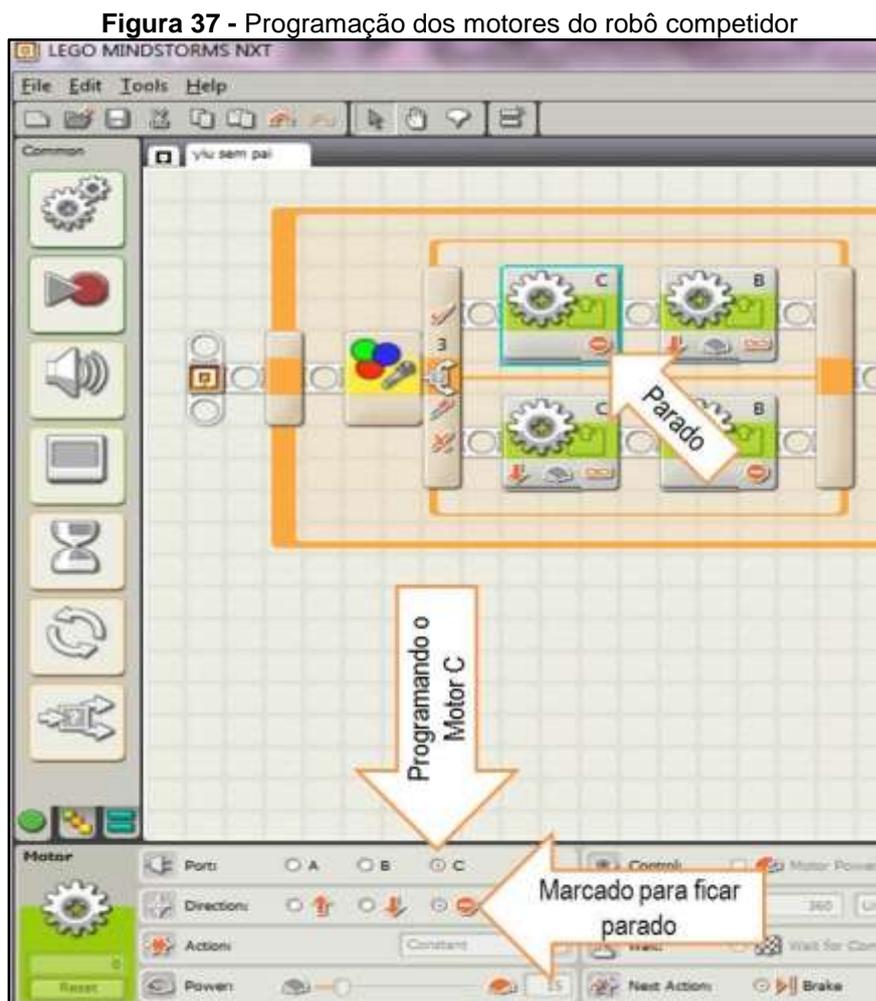
Figura 36 - Programação do Sensor de cor do robô competidor



Fonte: Autora

²⁵ Em toda programação, um bloco é executado possibilitando a próxima ação do robô. Neste caso, como a programação foi feita dentro de um *Switch*, quando o sensor identifica a linha preta, a condição é *verdadeira*, ou seja, o robô executa a ação de movimentar o motor B e parar o motor C e se o sensor não identificar a cor preta, a condição é *falsa* e o robô deve executar a outra ação, parando o motor B e movimentando o C.

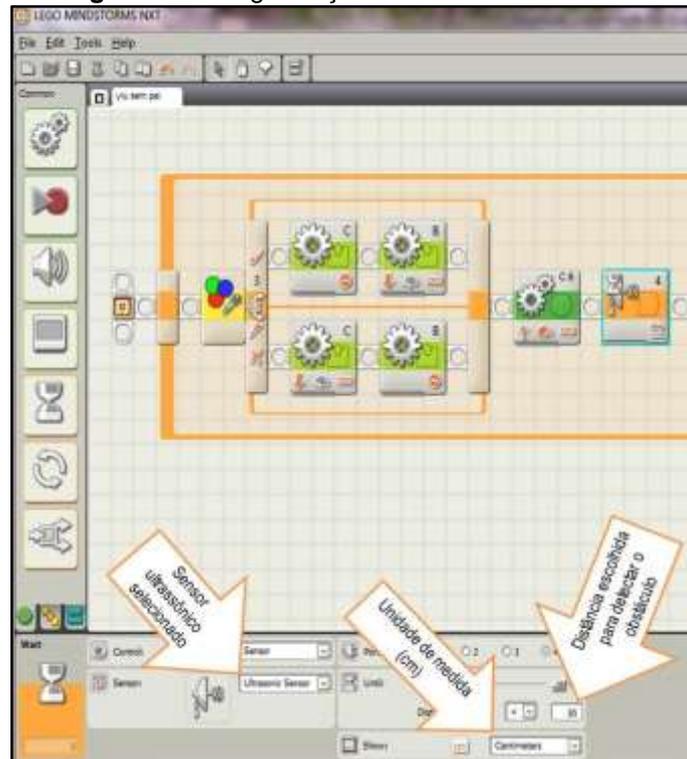
Seguindo o raciocínio elaborado para a programação, os estudantes acrescentaram os blocos “Mover” para os motores B e C. É possível observar na Figura 37 que se a cor identificada for preta, o motor C deve parar e o motor B mover infinitamente. Se a cor preta não for identificada, o motor C gira enquanto que o motor B fica parado.



Fonte: Autora

A programação prosseguiu com o bloco do sensor ultrassônico, da qual os estudantes optaram por determinar uma distância de 30 cm para que sensor identificasse o obstáculo indicando a necessidade de que o robô parasse para não bater ou derrubar o obstáculo. Essa distância foi determinada, pois, ao concluir a construção do robô, os estudantes o mediram e verificaram que ela seria suficiente para que ele virasse 90° para um dos lados sem tocar no obstáculo.

Figura 38 - Programação do sensor ultrassônico



Fonte: Autora

Após a identificação do obstáculo, o robô deveria contorná-lo, então os estudantes utilizaram o bloco “mover” para programar os motores B e C de modo que contornassem o obstáculo sem tocá-lo. Na Figura 39 podemos observar vários blocos em uma sequência de modo que inicialmente os 2 motores (B e C) parados, um dos motores gira 90° (3 rotações), motores B e C se movem, ambos param novamente e o processo se repete outras 3 vezes, de modo que o robô possa executar o desvio do obstáculo. Todo esse processo foi esquematizado de modo que o robô virasse primeiramente para a direita, depois para a esquerda duas vezes e por último para a direita novamente. Se observarmos a programação, na primeira curva o motor C se movimenta, na segunda e na terceira o motor B que se movimenta e na última, quem volta a se movimentar é o motor C.

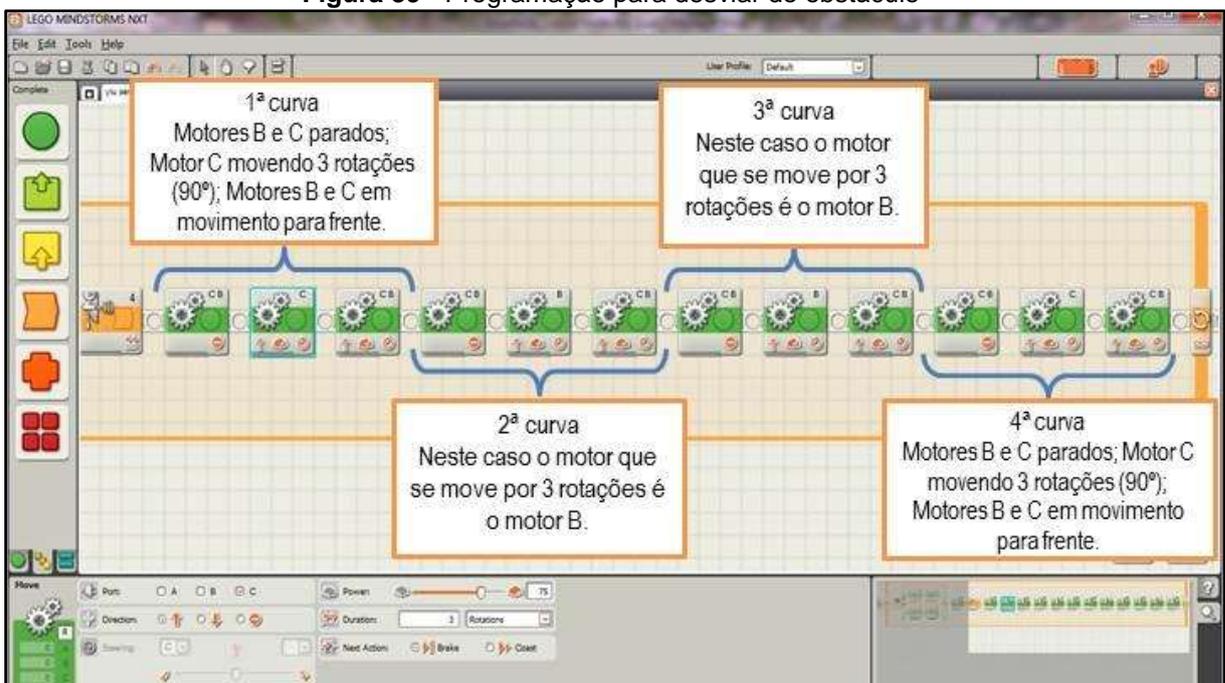
Esse movimento possibilitou aos estudantes a elaboração das técnicas para responder as tarefas t_{12} e t_{13} . Sendo a t_{13} relacionada a programação do robô competidor

t_{13} : programar um robô para que segue linha, desvie de obstáculos ultrapassa gaps e redutores de velocidade de forma independente

τ_{12} : se o sensor ultrassônico identificar um obstáculo, ele indica aos motores para pararem, um dos motores volta a se movimentar virando o robô 90°, os motores voltam a se movimentar em conjunto para frente até ultrapassar o obstáculo, repetindo o movimento 3 vezes para retornar ao sentido inicial.

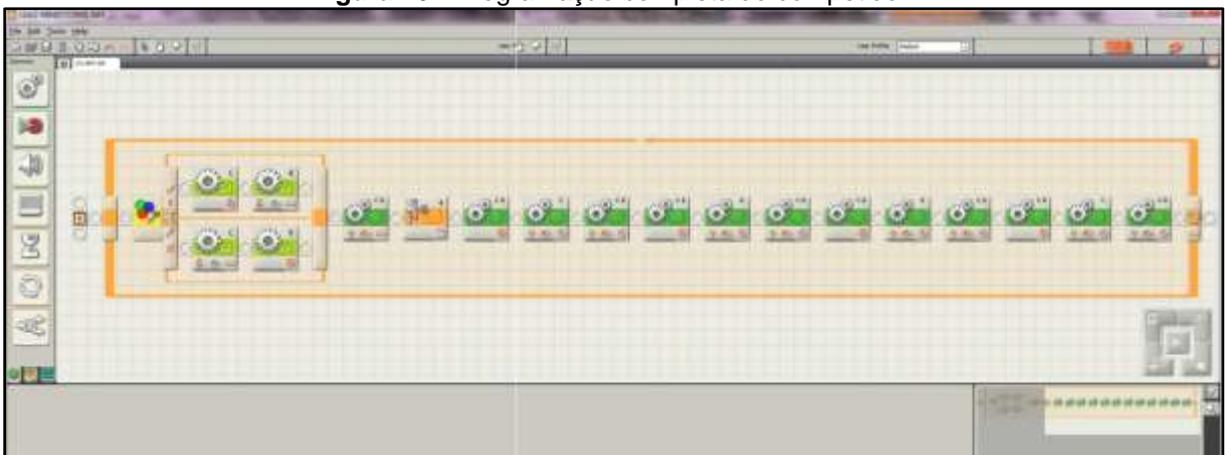
τ_{13} : programar os motores para movimentar o robô para frente seguindo a linha preta e ao identificar o obstáculo os motores param, um dos motores volta a se movimentar virando o robô 90°, os motores voltam a se movimentar em conjunto para frente até liberar o obstáculo, repetindo o movimento 3 vezes para retornar ao sentido inicial.

Figura 39 - Programação para desviar do obstáculo



Fonte: Autora

Figura 40 - Programação completa do competidor



Fonte: Autora

É possível observar na programação completa (Figura 40) que todos os blocos ficaram dentro do *Loop*, o que possibilitaria a repetição de toda a programação quantas vezes fossem necessárias, permitindo que o robô seguisse a linha preta e desviasse de quantos obstáculos surgissem no caminho que estava seguindo.

Foi possível observar muitos conceitos relacionados a várias áreas que poderiam servir como disparadores para discussões posteriores, em sala de aula, realizando relações com as situações ocorridas nos encontros relatados.

É importante mencionar que para executar essa prova todo um contexto foi criado para instigar os estudantes a buscarem a resposta final do desafio permitindo a mobilização de diversos conceitos. O fato de o estudante criar um robô capaz de substituir um ser humano em um ambiente hostil para resgatar vítimas de um desastre, possibilita a discussão de muitos conceitos relacionados ao clima, coordenadas geográficas, força, aceleração, que nem sempre estão relacionados à montagem e a programação. Desenvolver projetos de robótica pode favorecer a articulação de diversos conhecimentos, gerar curiosidade por outras áreas, mas neste momento não vamos aprofundar nesta discussão, devido ao tempo e ampliação dos estudos que nos exigiria.

No Quadro 4 estão apresentados os elementos das organizações praxeológicas [T, τ , θ , Θ] referentes à montagem: “Robô Competidor”.

Quadro 5 - Organizações praxeológicas do "Robô Competidor"

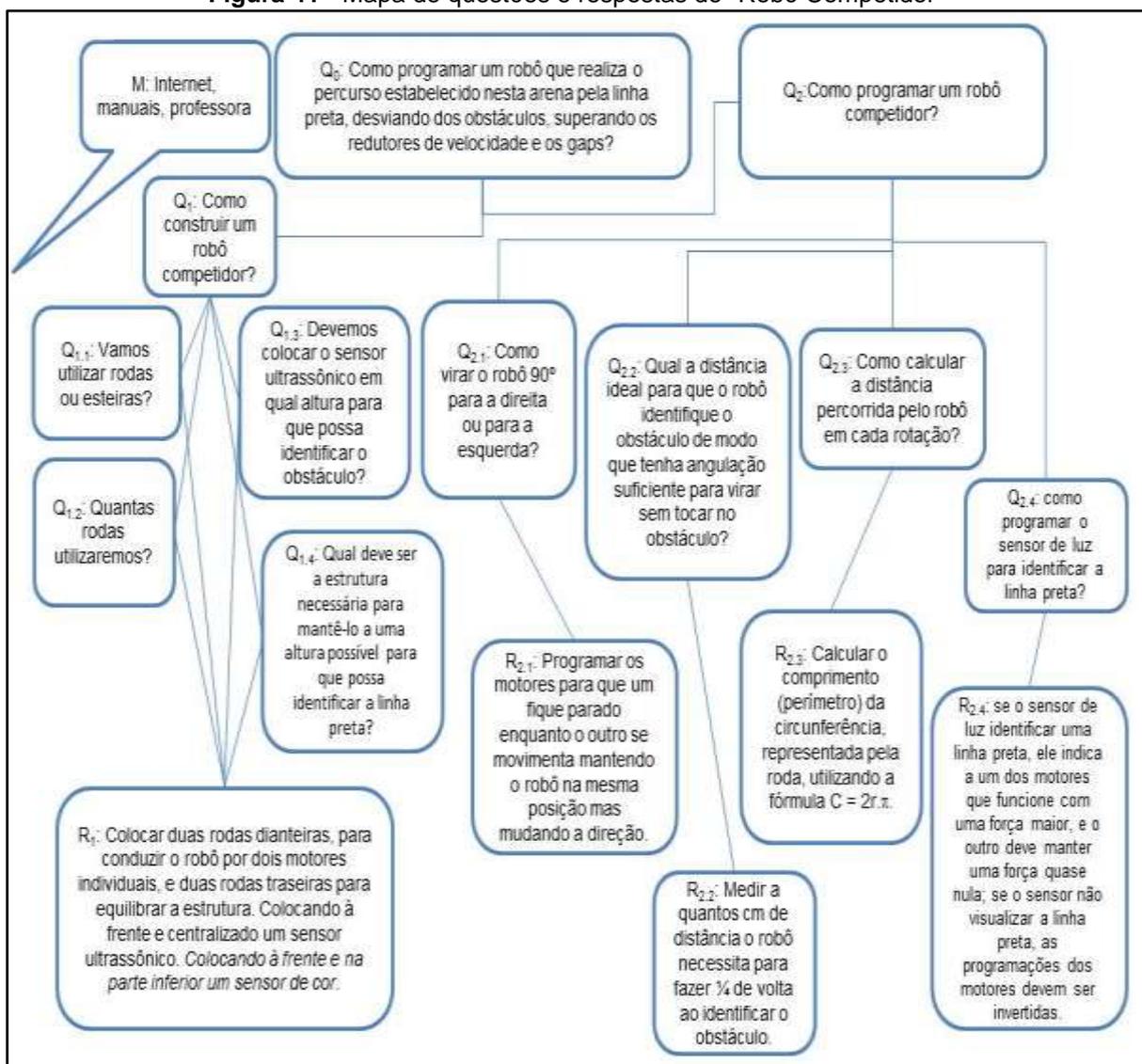
Tipo de tarefas (T)	Tarefas (t)	Técnicas (τ)	Tecnologia (θ)
T ₁₀ – Construir um robô.	t ₁₀ – construir um robô que segue linha, desvia de obstáculos, ultrapassa gaps e redutores de velocidade de forma independente	τ ₁₀ – colocar duas rodas dianteiras, para conduzir o robô por dois motores individuais, e uma roda traseira para equilibrar a estrutura. Colocando à frente e centralizado um sensor ultrassônico. Colocando à frente e na parte inferior um sensor de cor.	θ ₁₀ – Observação da experiência.

T_{11} – Identificar um trajeto linear.	t_{11} – identificar uma linha preta utilizando sensor de cor	τ_{11} – se o sensor de cor identificar a linha preta, ele deve indicar a um dos motores que funcione com uma força maior, enquanto o outro estiver com uma força quase nula; se o sensor não visualizar a linha preta, as programações dos motores devem ser invertidas.	θ_{11} - Algoritmos. Fluxogramas. Portas digitais de Entrada/Saída.
T_{12} – Desviar do obstáculo.	t_{12} – desviar de um obstáculo utilizando sensor ultrassônico.	τ_{12} – se o sensor ultrassônico identificar um obstáculo, ele indica aos motores para pararem, um dos motores volta a se movimentar virando o robô 90°, os motores voltam a se movimentar em conjunto para frente até liberar o obstáculo, repetindo o movimento 3 vezes para retornar ao sentido inicial.	θ_{12} - Algoritmos. Fluxogramas. Portas digitais de Entrada/Saída.
T_{13} – Programar o NXT.	t_{13} – programar um robô para que segue linha, desvie de obstáculos ultrapassa gaps e redutores de velocidade de forma independente	τ_{13} – programar os motores para movimentar o robô para frente seguindo a linha preta e ao identificar o obstáculo os motores param, um dos motores volta a se movimentar virando o robô 90°, os motores voltam a se movimentar em conjunto para frente até liberar o obstáculo, repetindo o movimento 3 vezes para retornar ao sentido inicial.	θ_{13} - Algoritmos. Fluxogramas. Portas digitais de Entrada/Saída.

Fonte: Elaborado pela autora

No esquema a seguir apresentamos o mapa das questões e respostas desenvolvidas pelos estudantes nestes encontros.

Figura 41 - Mapa de questões e respostas do "Robô Competidor"



Fonte: Elaborada pela autora

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

*A dúvida é a mãe da invenção.
Galileu Galilei*

Ao iniciar essa pesquisa, um questionamento se tornou propulsor: *Quais conhecimentos são mobilizados e como se desenvolvem durante a execução de projetos de robótica?* Com o propósito de responder a esse questionamento, tínhamos por objetivo investigar quais eram os conhecimentos mobilizados pelos estudantes no desenvolvimento dos projetos de robótica.

Para isso, identificamos conhecimentos dos estudantes ao longo da pesquisa; descrevemos e analisamos estratégias utilizadas pelos estudantes no desenvolvimento dos projetos; e analisamos os meios, materiais ou não, mobilizados pelos estudantes durante o desenvolvimento de projetos de robótica, evidenciando o funcionamento das dialéticas mídia-meio, individual-coletivo e estudo-pesquisa. Para realizar os desafios a que eram submetidos, em certos momentos os estudantes decidiram que precisavam de ajuda (da internet, dos manuais, da pesquisadora), mas não para obter a resposta aos desafios e sim para ajudar a responder pequenas questões intermediárias que surgiam. Foi possível perceber ainda que a perspectiva do paradigma questionamento do mundo favoreceu não somente a mobilização de conceitos, mas a autonomia e a tomada de decisão por parte dos estudantes. Eles tinham problemas para resolver, foram desafiados e cabia a eles responder tais desafios.

No decorrer de todo esse trabalho foi possível evidenciar a utilização de conceitos, mesmo que de maneira implícita e mostrar que momentos de desenvolvimento de projetos de robótica podem ser aproveitados para oportunizar a compreensão de conceitos e conteúdos em um ambiente diferenciado e agradável aos estudantes, desde que previamente planejados e aplicados com objetivos claros a serem alcançados. Acreditamos ainda que com a utilização da robótica como um meio para explorar conceitos e conteúdos, é possível perceber que estes emergem e que é provável aprofundar e formalizá-los de maneira que contribua com a aprendizagem dos estudantes de forma lúdica, permitindo a construção de conhecimentos.

Neste texto foi possível apresentar alguns aspectos sobre as tecnologias, a programação e a robótica, como recursos didáticos que podem favorecer o

desenvolvimento da aprendizagem, evidenciando características da robótica, a possibilidade do seu uso no âmbito educacional, bem como a apresentação e exploração dos materiais utilizados.

A Teoria Antropológica do Didático (TAD) foi essencial para evidenciar os conceitos mobilizados, por meio do quarteto praxeológico e ainda por nos oferecer subsídios para os procedimentos metodológicos utilizados, como o Percurso de Estudos e Pesquisa (PEP). Contudo, nos parece importante a ampliação de pesquisas na área da robótica para o desenvolvimento da aprendizagem na matemática.

Las matemáticas son aplicables en diferentes áreas, disciplinas y actividades del ser humano; sin embargo, en la mayoría de los casos, el tipo de experiencia que tienen los estudiantes respecto al aprendizaje de las matemáticas habitualmente es desvinculada de otros aspectos de la vida y de las otras disciplinas. (MEDINA, 2017, p. 24)

Percebemos, neste espaço de tempo limitado, que o desenvolvimento de projetos de robótica favorece a mobilização de conceitos de diferentes naturezas como: física, robótica, mecânica, matemática e outros que fazem parte do dia-a-dia, que não conseguimos classificar. Apesar de, ao longo da pesquisa, termos evidenciado a mobilização de todos esses conhecimentos, não foi possível analisá-los, devido ao tempo e a ampliação dos estudos que nos exigiria.

Ficou assim, evidenciado que conhecimentos de diferentes naturezas são mobilizados pelos estudantes, mesmo que de maneira intuitiva. Nessa perspectiva, da qual conhecimentos de diversas naturezas são interligados para responder desafios, é que observamos uma possibilidade de responder a uma demanda da sociedade atual. Nesse sentido, ao participar da Escola de Altos Estudos (EAE), na UFMS, em 2019, tivemos contato com outro referencial que possibilitaria analisar tais conhecimentos por meio do modelo Praxeológico Estendido.

Para Chevallard (1992) toda atividade humana pode ser descrita por meio uma praxeologia que é definida por um quarteto $[T, \tau, \theta, \Theta]$. No modelo Praxeológico Estendido, proposto por referência, a tecnologia $[\theta]$ possui dois componentes, o teórico $[\theta^{\text{th}}]$ e o prático $[\theta^{\text{p}}]$, validados por suas respectivas instituições: P(M) da disciplina matemática e P(DI) das disciplinas intermediárias – são aquelas possuem relação com a matemática oferecendo enfoques e instrumentos para resolver problemas de outras áreas.

Das disciplinas intermediárias é que acreditamos que surgem os outros conhecimentos mobilizados pelos estudantes durante o desenvolvimento dos projetos de robótica.

Nesse modelo de caminhos praxeológicos, considera-se que existem praxeologias de modelagem matemática produzidas em P(M) ou em P(DI), o que implica que essas instituições validem as técnicas que permitem resolver tarefas de modelagem. No entanto, essas instituições são de natureza diferente e, portanto, as tecnologias (validações e explicações) também são de natureza diferente. Uma justificativa matemática será diferente de uma justificativa da disciplina intermediária e também será diferente de uma justificativa produzida pela prática (ROMO-VÁZQUEZ, 2014, p. 326, tradução nossa).

O componente teórico $[\theta^{th}]$, é justificado por uma teoria $[\Theta]$, como apresentado no modelo praxeológico original. Já o componente prático $[\theta^p]$, pode ser justificado utilizando um modelo elaborado por Castela e Romo-Vázquez (2011). As autoras apresentam outro modelo no qual fazem uma análise separada da tecnologia envolvida.

La componente práctica, particularmente, es un discurso que tiene seis funciones que permiten describir, validar, explicar, facilitar, motivar y evaluar el uso de técnicas matemáticas en referencia a instituciones usuarias, no necesariamente matemáticas. El modelo puede expresarse de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} T, \tau, \theta^{th}, \Theta \\ \theta^p \end{bmatrix} \begin{matrix} \leftarrow P(S) \\ \leftarrow Iu \end{matrix}$$

donde P(S) designa la institución productora de saberes e Iu la institución usuaria de dichos saberes. (ROMO-VÁZQUEZ, 2014, p. 326).

Os estudantes mobilizam, no desenvolvimento dos projetos, conhecimentos matemáticos e de outras áreas, mesmo que de maneira intuitiva e que não fossem explicitados.

Em nossa pesquisa, os projetos de robótica eram propostos pela pesquisadora, na qual já observamos a mobilização de diversos conhecimentos de variadas naturezas. Em uma proposta futura, podemos sugerir projetos livres, ou seja, projetos sem a proposição de um desafio, e que os estudantes tenham maior liberdade para criar e buscar os conhecimentos, de modo que as praxeologias possam ser ampliadas para as outras áreas. Seria interessante dar continuidade a

esse estudo, com projetos e investigações propostas pelos próprios estudantes, em que propiciasse a possibilidade de estudar, com maior aprofundamento, outros conhecimentos, além dos matemáticos, vindo ao encontro do paradigma questionamento de mundo.

REFERÊNCIAS

BACICH, Lilian.; MORAN, José. (ed.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre - RS: Penso, 2018.

BITTAR, Marilena. A escolha do software educacional e a proposta pedagógica do professor: Estudo de alguns exemplos em matemática. In: BELINE, Willian; COSTA, Nielce Meneguelo Lobo da (orgs.). **Educação Matemática, Tecnologia e Formação de Professores: algumas reflexões**. Campo Mourão: Editora da FECILCAM, 2010. p. 215-242.

BITTAR, Marilena. A abordagem instrumental para o estudo da integração da tecnologia na prática pedagógica do professor de matemática. **Educar em Revista**, Curitiba, Brasil, n. Especial 1/2011, p. 157-171, 2011. Editora UFPR.

BITTAR, Marilena. A Teoria Antropológica do Didático como ferramenta metodológica para análise de livros didáticos. **Zetetike**, v. 25, n. 3, p. 364–387, 2017.

BOSCH, Marianna; CHEVALLARD, Yves. La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. Objet d'étude et problématique. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, Grenoble: La Pensée Sauvage-Éditions, v. 19, n. 1, p. 77–124, 1999. Disponível em : <
http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Sensibilite_aux_ostensifs.pdf> com paginação 1-37.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília-DF: Ministério da Educação, 2017.

CAMPOS, Flavio Rodrigues. **Robótica Pedagógica e Inovação Educacional: Uma Experiência no Uso de Novas Tecnologias na Sala de Aula**. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação, Arte e História da Cultura) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2005.

CASTELA, Corine; ROMO-VÁZQUEZ, Avenilde. Des mathématiques a l'automatique: étude des effets de transposition sur la transformée de Laplace dans la formation des ingénieurs. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, vol. 31, num. 1, p. 79–130, 2011.

CHEVALLARD, Yves. Fundamentals concepts of didactics: perspectives given by an anthropological approach. **Recherches en Didactique des Mathématiques** 17(3), 17–54, 1992.

_____. **Conceitos fundamentais da didática: As perspectivas trazidas por uma abordagem antropológica**. In: BRUN, Jean. Didática das matemáticas. Lisboa, Instituto Piaget, p. 1996. p. 115 - 152.

_____. L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. **Recherches en didactique des mathématiques** (Revue), Pensée sauvage 19, [2], 221–265, 1999b.

_____. Les TPE comme problème didactique. **Séminaire National**, 2001. Disponible em: <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/YC_2001_-_Seminaire_national.pdf>

_____. Approche Anthropologique Du Rapport Au Savoir et Didactique Des Mathématiques. **IUFM d'Aix-Marseille**, 2002. Disponível em: <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Approche_anthropologique_rapport_au_savoir.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2019.

_____. Un concept en émergence : la dialectique des médias et des milieux. **UMR ADEF**, Université de Provence, 2007. Disponível em: <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/YC_-_Sem_nat_DDM_-_23_mars_2007.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2019.

_____. Éléments de didactique du développement durable. Aix-Marseille Université Département des sciences de l'éducation Licence 2012-2013 UE SCEF 53: **Éducation au développement durable**. Responsable: Caroline Ladage Disponível em: <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Didactique_du_DD_2012-2013_1.pdf>. Acesso em 20 jan. 2019.

_____. Enseñar Matemáticas en la Sociedad de Mañana: Alegato a Favor de un Contraparadigma Emergente. **REDIMAT - Revista de Investigación en Didáctica de las Matemáticas**, v. 2 N° 2, p. 161–182, 2013.

CHEVALLARD, Yves; BOSCH, Marianna; GASCÓN, Josep. **Estudar matemáticas: o elo perdido entre o ensino e a aprendizagem**. Tradução: Daisy Vaz de Moraes. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

DELIZOICOV, Demétrio. **Problemas e Problematisações**. In. Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Maurício Pietrocola (org). Editora UFSC, 2ª edição, Florianópolis, 2005.

ESTEVE, José M. El malestar docente. **Revista PRELAC**. Barcelona, Paidós. Traducción brasileña (1999): O mal-estar docente. São Paulo, Editora E.D.U.S.C. p. 117-133. 2004.

JESUS, Onízio Ferreira de. **O Uso de Planilhas do Excel Aplicadas a Tópicos de Geometria Analítica**. 2018. 243 p. Dissertação - Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT. Unidade Acadêmica Especial de Ciências Exatas e Tecnológicas, Regional Jataí, Universidade Federal de Goiás. Jataí, GO.

KENSKI, Vani. M. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. 1. ed. Campinas: Papyrus, 2007.

LEITÃO, Rogério Lopes. **A dança dos robôs: Qual a matemática que emerge durante uma atividade lúdica com robótica educacional?** 2010. Universidade Bandeirante de São Paulo, São Paulo - SP, 2010.

LOPES, Daniel de Queiroz. **A exploração de modelos e os níveis de abstração nas construções criativas com robótica educacional.** 2008. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Rio Grande do Sul, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/16173>>.

MAFFI, Caroline. **Inserção da Robótica Educacional nas Aulas de Matemática: Desafios e Possibilidades.** 2018. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, 2018.

MEDINA, Lina Ibarra. **Un diseño didáctico que relaciona literatura y matemáticas en el nivel bachillerato.** Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) Instituto Politécnico Nacional – IPN. Cidade do México, México, 2017.

MAGALHÃES, Mônica Giacomassi de Menezes de. **Metodologia para integração de novas tecnologias na formação de professores.** 2004. Tese (Doutorado em Ciências: Física Aplicada) - Instituto de Física de São Carlos, São Carlos, 2004.

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ROBÓTICA. **Manual de Regras e Instruções – Etapa Regional/Estadual** – Versão 1.0: Março/2018. Modalidade Prática/2018 41 fls. Relatório Técnico.

ORO, Neuza Terezinha. et al. Programação de Computadores e Matemática: potencializando a aprendizagem. In: Programação de Computadores e Matemática: potencializando a aprendizagem, Chiapas, México. **Anais...** In: XIV CIAEM-IACME - CONFERÊNCIA INTERAMERICANA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA. Chiapas, México: 2015.

ORO, Neuza Terezinha; PAZINATO, Ariane Mileidi.; TEIXEIRA, Adriano Canabarro. **Programação de computadores na educação [recurso eletrônico]: um passo a passo utilizando o Scratch.** Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2016. E-book. ISBN 978-85-7515-929-3. Disponível em: <www.upf.br/editora>. Acesso em: 15 ago. 2016.

PARRA, Verónica; OTERO, Maria Rita. Enseñanza de la matemática por recorridos de estudio e investigación: indicadores didáctico-matemáticos de las “dialécticas”. **EDUCACIÓN MATEMÁTICA**, vol. 29, n. 3, p. 9-49, dez. 2017.

PARRA, Verónica; OTERO, Maria Rita. Antecedentes de los Recorridos de Estudio e Investigación (REI): características y génesis. **REVISTA ELECTRÓNICA DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS**. REIEC, n. 13, p. 1-18, dez. 2018.

PRENSKY, Marc. Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. **On the Horizon**, v. 9, n. 5, p. 1–6, set. 2001.

RAIMUNDO, Clarice Maria. **Uso, Integração e Apropriação de Tecnologias e Mídias Digitais nas Aulas de Inglês nas Escolas Municipais de Curitiba**. 2017. 154 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Setor de Educação da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

RESNICK, Mitchel. (2013). **Learn to code, code to learn. MIT Media Lab. Artigo on-line**. Disponível em: < <http://web.media.mit.edu/~mres/papers/L2CC2L-handout.pdf>> Acesso em: 08 jun. 2019.

RIBEIRO, Lorena Bárbara da Rocha. **A robótica pedagógica livre e a convergência tecnopedagógica: potencial educativo**. 2017. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Educação e Contemporaneidade – PPGEduc. Salvador, 2017.

RODRIGUES, Willian dos Santos. **Atividades com robótica educacional para as aulas de matemática do 6º ao 9º Ano do Ensino Fundamental: utilização da metodologia LEGO® Zoom Education**. p. 106, 2015.

ROMO-VÁSQUEZ, Avenilde. **La modelización matemática en la formación de ingenieros**. Educación Matemática [en línea]. 2014. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40540854016>>. Acesso em: 7 abr. 2019.

RUIS, Larissa Salarolli. **Interdisciplinaridade, Ensino e Tecnologia: formação docente**. 2018. 245f. **Dissertação (Mestrado em Cognição e Linguagem)** - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências do Homem, Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

SANTOS, Cíntia Melo. O Percurso de Estudo e Pesquisa (PEP): Possibilidades para uma Formação Continuada com Professores de Matemática. **Anais: XI Seminário Sul-mato-grossense de Pesquisas em Educação Matemática**, Campo Grande, MS, ago. 2017.

SANTOS JÚNIOR, Valdir Bezerra dos. **Juros simples e compostos: análise ecológica, praxeológica e um percurso de estudo e pesquisa**. Tese (Programa de Pós-graduação em Educação Matemática) – Coordenadoria de Pós-graduação - Universidade Anhanguera de São Paulo, São Paulo, 2017.

SANTOS JÚNIOR, Valdir Bezerra dos. DIAS, Marlene Alves. BOSCH, Marianna. **Um Percurso de Estudo e Pesquisa para o Estudo das Noções de Juros Simples e Compostos**. *Bolema*, Rio Claro (SP), v. 33, n. 63, p. 327-347, abr. 2019.

SCHIVANI, Milton. **Contextualização no ensino de física à luz da teoria antropológica do didático: o caso da robótica educacional**. Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2014.

SENA DOS ANJOS, Antonio Jorge. **As Novas Tecnologias e o uso dos Recursos Telemáticos na Educação Científica: a simulação computacional na educação em física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, n. 3, 2008.

SILVA, Wendel de Oliveira. **Formação continuada: um estudo sobre integração de tecnologia digital para ensinar poliedros**. 2018. 225 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Anhanguera de São Paulo, São Paulo, 2018.

SITE OBR. **O que é a OBR?**. Disponível em: <<http://www.obr.org.br/o-que-e-a-obr/>> Acesso em: 20 de jun. de 2019.

SITE OBR. **Modalidade Teórica**. Disponível em: <<http://www.obr.org.br/modalidade-teorica/como-organizar-um-evento-modalidade-teorica/>> Acesso em: 20 de jun. de 2019.

SITE OBR. **Modalidade Prática**. Disponível em: <<http://www.obr.org.br/modalidade-pratica/como-participar-modalidade-pratica/>> Acesso em: 20 de jun. de 2019.

SUZUKI, Ana Paula. et. al. **Introdução à Programação com Robôs Lego**. Projeto Levando a Informática do Campus ao Campo – Módulo III. DCC: Departamento de Ciência da Computação. UFG. 2010.

ZILLI, Silvana do Rocio. **A Robótica Educacional no Ensino Fundamental: Perspectivas e Prática**. 2004. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2004.

ZILLI, Guilherme Martignago; LAMBERT, Gustavo. Desenvolvendo a educação através da robótica móvel: Uma proposta pedagógica para o ensino de engenharia, **Anais: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Fortaleza, CE, Set/ 2010.

APÊNDICE A: Descrição dos tipos de tarefas

Tipos de tarefa (T)
T ₁ – Construir um seguidor de linha.
T ₂ – Programar o NXT.
T ₃ – Identificar um trajeto linear.
T ₄ – Construir um robô que contorna obstáculos.
T ₅ – Calcular o comprimento da circunferência
T ₆ – Programar o NXT.
T ₇ – Construir um robô.
T ₈ – Programar o NXT.
T ₉ – Identificar o obstáculo.
T ₁₀ – Construir um robô.
T ₁₁ – Identificar um trajeto linear.
T ₁₂ – Desviar do obstáculo.
T ₁₃ – Programar o NXT.

APÊNDICE B: Descrição das tarefas

Tarefas (t)
t _{1.1} – Montar um robô seguidor de um trajeto linear de forma independente
t _{1.2} – Construir um robô com um plano de simetria e com as duas rodas dianteiras simétricas em relação a esse plano.
t _{2.1} – Programar um robô seguidor de um trajeto linear de forma independente
t ₃ – Identificar uma linha preta utilizando sensor de luz/cor
t _{4.1} – Construir um robô que contorna uma cadeira.
t _{4.2} – Construir um robô que desenha um círculo.
t ₅ – Calcular o comprimento da circunferência da roda do robô.
t ₆ – Programar o NXT para que o robô contorne uma cadeira.
t ₇ – Construir um robô que desvia de obstáculos de forma independente
t ₈ – Programar um robô para que desvie de obstáculos de forma independente
t ₉ – Identificar um obstáculo utilizando sensor ultrassônico.
t ₁₀ – Construir um robô que segue linha, desvia de obstáculos, ultrapassa gaps e redutores de velocidade de forma independente
t ₁₁ – Identificar uma linha preta utilizando sensor de cor
t ₁₂ – Desviar de um obstáculo utilizando sensor ultrassônico.
t ₁₃ – Programar um robô para que segue linha, desvie de obstáculos ultrapassa gaps e redutores de velocidade de forma independente

APÊNDICE C: Descrição das técnicas

Técnicas (τ)
$\tau_{1.1}$ – Colocar duas rodas dianteiras, com motores individuais e uma roda traseira para equilibrar a estrutura, colocando à frente e centralizado um sensor de luz/cor.
$\tau_{1.2}$ – Colocar em cada um dos lados do robô um motor com rodas de acordo com um plano de simetria
$\tau_{2.1}$ – Programar os motores para alternar as forças, permitindo que o robô se locomova.
$\tau_{3.1}$ – Se o sensor de luz identificar uma linha preta, ele indica a um dos motores que funcione com uma força maior, e o outro deve manter uma força quase nula; se o sensor não visualizar a linha preta, as programações dos motores devem ser invertidas.
$\tau_{3.2}$ – Se o sensor de cor identificar a linha preta, ele deve indicar a um dos motores que funcione com uma força maior, enquanto o outro estiver com uma força quase nula; se o sensor não visualizar a linha preta, as programações dos motores devem ser invertidas.
$\tau_{4.1}$ – Posicionar duas rodas dianteiras para conduzir o robô por dois motores individuais e uma roda traseira para equilibrar a estrutura.
$\tau_{4.2}$ – Colocar duas rodas dianteiras, para conduzir o robô por dois motores individuais, e uma roda traseira para equilibrar a estrutura. Adaptar um braço mecânico como suporte para uma caneta em uma das laterais do robô.
τ_5 – Calcular o comprimento (perímetro) da circunferência, representada pela roda, utilizando a fórmula $C = 2r \cdot \pi$.
τ_6 – Programar os motores alternando as forças aplicadas a cada motor para que o robô se desloque.
τ_7 – Colocar duas rodas dianteiras, para conduzir o robô por dois motores individuais, e duas rodas traseiras para equilibrar a estrutura. Colocando à frente e centralizado um sensor ultrassônico.
τ_8 – Programar os motores para movimentar o robô para frente e ao identificar o obstáculo os motores param, um dos motores volta a se movimentar virando o robô 90°, os motores voltam a se movimentar em conjunto para frente até liberar o obstáculo, repetindo o movimento 3 vezes para retornar ao sentido inicial.

τ_9 – Se o sensor ultrassônico identificar um obstáculo, ele indica aos motores para pararem.
τ_{10} – Colocar duas rodas dianteiras, para conduzir o robô por dois motores individuais, e uma roda traseira para equilibrar a estrutura. Colocando à frente e centralizado um sensor ultrassônico. Colocando à frente e na parte inferior um sensor de cor.
τ_{11} – Se o sensor de cor identificar a linha preta, ele deve indicar a um dos motores que funcione com uma força maior, enquanto o outro estiver com uma força quase nula; se o sensor não visualizar a linha preta, as programações dos motores devem ser invertidas.
τ_{12} – Se o sensor ultrassônico identificar um obstáculo, ele indica aos motores para pararem, um dos motores volta a se movimentar virando o robô 90°, os motores voltam a se movimentar em conjunto para frente até liberar o obstáculo, repetindo o movimento 3 vezes para retornar ao sentido inicial.
τ_{13} – Programar os motores para movimentar o robô para frente seguindo a linha preta e ao identificar o obstáculo os motores param, um dos motores volta a se movimentar virando o robô 90°, os motores voltam a se movimentar em conjunto para frente até liberar o obstáculo, repetindo o movimento 3 vezes para retornar ao sentido inicial.