

**UNIVERSIDADE MUNICIPAL DE SÃO CAETANO DO SUL  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL**

**André Bueno Antonachi**

**O USO DA ROBÓTICA COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA O  
ENSINO DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**

**São Caetano do Sul  
2020**

**André Bueno Antonachi**

**O USO DA ROBÓTICA COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA O  
ENSINO DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**

**Trabalho Final de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Educação – Mestrado Profissional – da Universidade Municipal de São Caetano do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação.**

**Área de concentração: Formação de Professores e Gestores**

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Felício Brito**

**São Caetano do Sul  
2020**

## FICHA CATALOGRÁFICA

A634u

ANTONACHI, André Bueno.

O USO DA ROBÓTICA COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO / André Bueno Antonachi; orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Felício Brito. - São Caetano do Sul, 2020. 176 p.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Educação) – Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, 2020.

1. Ensino e Aprendizagem. 2. Tecnologia na educação. 3. Robótica. 4. Formação de professores. 5. Ensino médio (física). I. Brito, Carlos Alexandre Felício. II. Título.

**Reitor da Universidade Municipal de São Caetano do Sul  
Prof. Dr. Leandro Campi Prearo**

**Pró-reitora de Pós-graduação e Pesquisa  
Profa. Dra. Maria do Carmo Romeiro**

**Gestão do Programa de Pós-graduação em Educação  
Profa. Dra. Ana Sílvia Moço Aparício  
Prof. Dr. Nonato Assis de Miranda**



Trabalho Final de Curso defendido e aprovado em 14/12/2020 pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Prof. Dr. Carlos Alexandre Felício Brito (orientador)

Prof. Dr. Alan César Belo Angeluci (USCS)

Prof. Dr. Ruy César Pietropaolo (Universidade Anhanguera de São Paulo)



## **Dedicatória**

Dedico este trabalho aos meus filhos Giovanna de Andrade Antonachi e Leonardo de Andrade Antonachi, minha enteada Júlia Imenes Ferreira, para que possam seguir o exemplo da importância dos estudos em nossas vidas, sem que as dificuldades diversas e até mesmo a idade sejam elementos impeditivos para esta jornada infundável.



## AGRADECIMENTOS

É difícil transcrever toda a emoção que sinto neste momento de agradecer a todos os envolvidos neste árduo processo evolutivo ao qual fui submetido nos últimos dois anos. O sonho de se tornar um Mestre torna-se realidade, abrindo novos horizontes para a busca de sonhos maiores: tornar-me Doutor.

Mas a conquista do primeiro sonho só foi possível com a ajuda, acima de tudo, de Deus, que é o senhor do universo e fonte de inspiração para qualquer projeto de vida.

À minha fiel companheira Uly, que exerceu como nunca a paciência e a compreensão durante meus momentos de elevado *stress* e de minhas constantes ausências do convívio social e familiar, durante meu isolamento acadêmico, inerente ao processo de aprofundamento ao qual a pesquisa exigiu.

Aos meu Pai João Carlos e minha mãe Suely Bueno, que moldaram e ainda moldam o caráter, índole e integridade, que um indivíduo deve ter, por meio do amor e respeito ao próximo, indiferente de sua classe social, cor, raça, religião ou gênero.

Ao meu orientador, Professor Doutor Carlos Alexandre Felício Brito, que passo a eternizá-lo em meu coração como o agente principal da conquista, abrindo as portas do Colégio Universitário que foi campo de minha pesquisa, orientando-me sempre que desviava o curso do trabalho, mantendo-me em constante alinhamento com os objetivos que foram conquistados.

À coordenadora Professora Doutora Ana Sílvia Moço Aparício e ao coordenador Professor Doutor Nonato de Assis Miranda, que em uma fase de quase trancamento da matrícula pelas dificuldades impostas pela vida, estenderam-me as mãos, permitindo minha continuidade na jornada, contextualizando a responsabilidade social que é tão registrada em várias instituições, mas tão pouco exercida.

Aos alunos do Colégio Universitário, com os quais criei um vínculo afetivo durante as realizações das oficinas, por meio do respeito, da disciplina e das construções do saber exercitadas a cada encontro.

A todos os colegas do PPGE que permitiram meu crescimento como pessoa e como acadêmico, os quais jamais esquecerei.



*“Feliz aquele que transfere o que sabe  
e aprende o que ensina”.*  
*Cora Coralina.*



## RESUMO

A presente pesquisa aborda a utilização da Robótica como estratégia didática para o ensino da Física no Ensino Médio. O problema investigado foi o de compreender como a Robótica pode potencializar o processo de ensino da Física para os alunos do Ensino Médio, sendo utilizada como ferramenta didática ao docente. O campo de pesquisa deste trabalho foi o Colégio Universitário da USCS, tendo como participantes alunos do primeiro ano do Ensino Médio. Os objetivos específicos elencados nesta pesquisa foram: verificar e analisar o conhecimento prévio dos alunos sobre os conceitos de Física básica; investigar as opiniões dos alunos sobre as experiências vivenciadas e elaborar um aplicativo que contenha simuladores dos conceitos de Física básica para facilitar o processo de ensino-aprendizagem para os professores do ensino médio, sendo que este último objetivo apresentou-se como produto educacional, item obrigatório nos programas de mestrado profissional. Para que estes objetivos fossem alcançados, utilizou-se do KIT LEGO MINDSTORMS EV3, um kit comercial de robótica que permitiu sua utilização como ferramenta didática nas atividades propostas em forma de oficinas com problematizações planejadas e pressupostos das práticas investigativas. Esta pesquisa é intervencionista e qualitativa e teve como levantamento de dados os diários de bordos utilizados em cada oficina, entrevistas com os alunos, questionário prévio, fotos e filmagens com dispositivo móvel. A pesquisa, por meio dos dados analisados, sugeriu que: os alunos apresentam dificuldades na apropriação dos conceitos da Física básica quando chegam ao Ensino Médio, sendo capazes de conhecerem fórmulas de cálculo, mas sem correlacioná-las ao seu uso no cotidiano; os alunos demonstraram grande interesse nas oficinas, sugerindo que o uso da robótica como ferramenta didática pode potencializar o ensino da Física, além de proporcionar um ambiente que desenvolve o trabalho em equipe, a tomada de decisões e iniciativa e, por fim, a robótica apresenta a característica multidisciplinar de aprendizado, favorecendo nas demais áreas do conhecimento. Como produto desta pesquisa, elaborou-se um aplicativo para *smartphones* com simuladores dos conceitos da Física básica, que facilita o processo de ensino-aprendizagem e o envolvimento dos alunos nas aulas.

**Palavras-chave:** Ensino e Aprendizagem. Tecnologia na educação. Robótica. Formação de professores. Ensino médio (física).



## ABSTRACT

This dissertation approaches the use of robotics as a didactic strategy for teaching physics in high school. The problem investigated was to understand how robotics can enhance the teaching process of Physics for high school students, being used as a teaching device for teachers. The research field of this work was the Colégio Universitário USCS, having as participants students of the first year of High School. The specific objectives listed in this research were: to verify and analyze the students' prior knowledge about the basic physics concepts; investigate students' opinions about the experiences and develop an application that contains simulators of basic physics concepts to facilitate the teaching-learning process for high school teachers, the latter being an educational product, a mandatory item in professional master's programs. In order for these objectives to be achieved, the LEGO MINDSTORMS EV3 KIT was used, a commercial robotics kit that allowed its use as a didactic tool in the activities proposed in the form of workshops with planned problematizations and assumptions of investigative practices. This research is interventional and qualitative and had as a data survey the edge diaries used in each workshop, interviews with students, previous questionnaire, photos and footage with a mobile device. The research, through the analyzed data, suggested that: students have difficulties in appropriating the concepts of basic physics when they reach high school, being able to know calculation formulas, but without correlating them to their daily use; students showed great interest in the workshops, suggesting that the use of robotics as a didactic tool can enhance the teaching of physics, in addition to providing an environment that develops teamwork, decision making and initiative and, finally, robotics presents the multidisciplinary learning characteristic, favoring other areas of knowledge. As a product of this research, an application for smartphones was developed with simulators of the concepts of basic physics, which facilitates the teaching-learning process and the involvement of students in classes.

**Keywords:** Teaching and learning. Technology in education. Robotics. Teacher training. High school (physics).



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Números de trabalhos científicos por programas.....	33
Figura 2	Relações didáticas da aprendizagem.....	44
Figura 3	Composição da identificação do código alfanumérico das habilidades	53
Figura 4	Domínios da Taxonomia de Bloom.....	63
Figura 5	Dimensões do conhecimento -Taxonomia de Bloom Revisada (TBR).	64
Figura 6	Níveis cognitivos -Taxonomia de Bloom Revisada (TBR).....	65
Figura 7	Resposta alu_01.....	85
Figura 8	Resposta alu_02.....	86
Figura 9	Resposta alu_03.....	86
Figura 10	Respostas alu_01 a alu_03 sobre energia.....	87
Figura 11	Os cinco reinos dos seres vivos.....	88
Figura 12	Respostas alu_01 a alu_03 sobre velocidade.....	89
Figura 13	Respostas alu_01 a alu_03 sobre potência.....	90
Figura 14	Terceira Lei de Newton.....	91
Figura 15	Respostas alu_01 a alu_03 sobre aceleração.....	92
Figura 16	Respostas alu_01 a alu_03 sobre gravidade.....	93
Figura 17	Respostas alu_01 a alu_03 sobre unidade de medida.....	94
Figura 18	Respostas alu_01 a alu_03 sobre Física.....	95
Figura 19	Realização do inventário.....	98
Figura 20	Construção da linha reta.....	99
Figura 21	Realização das marcações e programação direta no EV3.....	101
Figura 22	Software de Programação da LEGO.....	102
Figura 23	Alunos programando via computador.....	104
Figura 24	O uso do celular como facilitador do processo.....	104
Figura 25	Diferenças entre distâncias alcançadas com parâmetros iguais.....	109
Figura 26	Marcadores de início e fim da tomada de tempo.....	110
Figura 27	Robô rebocando caixa do KIT.....	111
Figura 28	Introdução teórica de engrenagens.....	114
Figura 29	Conjunto de engrenagens de uma bicicleta.....	114



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Níveis da Educação Básica.....	36
Quadro 2 - Os pilares da educação segundo os PCN.....	40
Quadro 3 - Formação da autonomia crítica do educando.....	43
Quadro 4 - Competências gerais x Possibilidades com a robótica.....	47
Quadro 5 - Competências específicas do Ensino Médio.....	52
Quadro 6 - Ranqueamento da aderência da Robótica nas habilidades do EM.....	54
Quadro 7 - A taxonomia por encontro da intervenção proposta.....	68
Quadro 8 - Dimensões a serem observadas – 1º encontro.....	73
Quadro 9 - Dimensões a serem observadas - 2º encontro.....	74
Quadro 10 - Dimensões a serem observadas - 3º encontro.....	75
Quadro 11 - Dimensões a serem observadas - 4º encontro.....	76
Quadro 12 - Dimensões a serem observadas - 5º encontro.....	77
Quadro 13 - Dimensões a serem observadas - 6º encontro.....	78
Quadro 14 - Dimensões a serem observadas - 7º encontro.....	79
Quadro 15 - Dimensões a serem observadas - 8º encontro.....	80
Quadro 16 - Dimensões a serem observadas - 9º encontro.....	81
Quadro 17 - Dimensões a serem observadas - 10º encontro.....	82
Quadro 18 - Habilidades que contemplam o perímetro BNCC.....	106

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>25</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>27</b>
1.1 A problemática e justificativa .....	31
1.2 Objetivos gerais.....	33
1.3 Objetivos específicos .....	34
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA PESQUISA</b>	<b>35</b>
2.1 Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) .....	35
2.2 Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).....	38
2.3 Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM).....	42
2.4 Base Nacional Comum Curricular (BNCC).....	46
2.5 Robótica Educacional ou Robótica Pedagógica.....	58
2.6 O construcionismo de Seymour Papert.....	60
2.7 A Taxonomia de Bloom como norteadora à intervenção proposta.....	62
<b>3 A MATRIZ DE REFERÊNCIA APLICADA NO ENSINO DA FÍSICA POR MEIO DA ROBÓTICA</b>	<b>66</b>
<b>4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>69</b>
4.1 Intervenção pedagógica .....	69
4.2 Da contextualização do campo da pesquisa .....	69
4.3 Do público-alvo da pesquisa .....	70
4.4 Do delineamento da pesquisa .....	70
4.5 Do método da intervenção .....	71
4.6 Da dinâmica e da organização dos encontros .....	72
4.7 Dos instrumentos da coleta de dados .....	82
4.8 Da análise dos dados.....	82
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>84</b>
5.1 Categoria 1 – Conhecimento prévio dos conceitos de Física pelos alunos .....	84



5.2 Categoria 2 – As concepções desenvolvidas pelos alunos sobre a disciplina de Física .....	97
5.3 Categoria 3 - Contribuições da Robótica Educacional, como ferramenta didática ao docente do ensino médio, para a disciplina de Física .....	107
5.3.1 – Conceitos de posição e referencial construídos .....	108
5.3.2 – Conceitos de movimento e velocidade construídos .....	109
5.3.3 – Conceitos de Força e Atrito construídos .....	111
5.3.4 – Conceitos de relação de engrenagens construídos .....	113
<b>6 PRODUTO</b>	<b>116</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>118</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>122</b>
<b>APÊNDICE A – questionário prévio dos alunos</b>	<b>131</b>
<b>APÊNDICE B – matriz de referência da intervenção</b>	<b>132</b>
<b>APÊNDICE C – tutorial de programação do robô</b>	<b>137</b>
<b>APÊNDICE D – questionário complementar</b>	<b>140</b>
<b>APÊNDICE E – circuito para o robô</b>	<b>142</b>
<b>APÊNDICE F – exercícios complementares</b>	<b>143</b>
<b>APÊNDICE G – encontros detalhados</b>	<b>146</b>
<b>APÊNDICE H – COMPARATIVO ENTRE KIT COMERCIAL E KIT LIVRE</b>	<b>173</b>





## APRESENTAÇÃO

Apesar de iniciar minha trajetória na Educação de forma abrupta, a paixão pelos efeitos que a profissão de Educador causou foi motivador. Dediquei anos no aperfeiçoamento técnico, iniciando o aprendizado ainda criança, com o colegial Técnico em Metalurgia, seguindo com o Bacharelado em Engenharia de Produção Mecânica, Especialização em Logística e, em paralelo, sempre atuando na indústria, onde fui incorporado por meio do estágio supervisionado. Em razão de toda essa trajetória, não esperava que pudesse ser um Professor algum dia.

Entendendo sempre a importância dos estudos e das atualizações que se fazem necessárias por conta de nossa constante evolução, foi somente durante o curso da segunda Engenharia, a Engenharia Civil, é que comecei a perceber a importância da profissão devido às dificuldades encontradas pelos colegas de sala que, estando em sua primeira graduação, apresentavam grandes problemas em assimilar o conteúdo inicial do curso. Este conteúdo, similar em todos os cursos de Engenharia, apresenta nos seus dois primeiros anos, ou quatro semestres, uma carga elevada de disciplinas da área de Exatas, como cálculo diferencial e integral, cálculo numérico, Física, Química, Probabilidade e Estatística e outras disciplinas que servem como base para cada especialização que se faz a partir do terceiro ano ou quinto semestre.

Vivenciando o desespero de grande parte dos colegas para assimilar este complexo conteúdo, ofereci ajuda à classe combinando encontros aos sábados na universidade, com intuito de explicar os exercícios dados em sala de aula pelos professores, refazendo e apresentando formas diferentes para interpretar os exercícios, de maneira que todos pudessem compreender e assimilar o conteúdo.

O fato da aula ser realizada entre colegas de sala permitiu um efeito interessante, que chamou minha atenção: os alunos perguntavam muito mais em relação às aulas com os professores, provavelmente por não se sentirem envergonhados pelas perguntas que faziam, perguntas estas que permitiam a construção do conhecimento. Eu, porém, sequer imaginava estar vivenciando um processo tão discutido pelos principais teóricos da Educação. Para mim, o fato de dividir as cadeiras universitárias com eles permitia que a conduta introvertida desse

lugar ao aluno questionador, afinal não tínhamos que correr contra o tempo para iniciar e terminar determinado exercício em detrimento de um conteúdo programático.

Nos primeiros encontros, a sala continha não mais do que oito alunos. Eram os mais próximos a mim, ou como dizemos enquanto discentes, minha turma.

Os encontros foram ficando importantes, pois os próprios alunos faziam a divulgação da ajuda que estava sendo oferecida de forma voluntária, a ponto de se atingir em sala um número de alunos similar ao das aulas oficiais.

Após uma melhora da turma nas aulas oficiais e nas avaliações, os professores comentaram esta ação com o coordenador do curso, que oficializou o processo, chamando-o de monitoria de alunos. Foi criado então um projeto que fez sucesso na universidade, sendo inclusive reconhecido pelo Ministério da Educação (MEC) como destaque em sua visita de renovação de reconhecimento de curso.

Após o relatório final da visita de renovação do MEC, fui chamado pelo diretor da Universidade para um agradecimento, encontro este que resultou em um convite para dar aulas na Universidade a partir do semestre seguinte.

No ano de 2014 iniciei minha carreira docente, de uma forma que é bem analisada pelo trabalho de Cunha; Brito e Ciclini (2006), que apresenta uma interessante avaliação deste fenômeno ocorrido comigo, pelo qual “dormi aluno e acordei professor”, iniciando com aulas experimentais de Física para a Engenharia.

Após 5 anos como docente no Ensino Superior, percebi que as lacunas eram tantas que me fizeram interromper o processo para iniciar uma Especialização que permitisse minha transformação, de um ser técnico especializado em Exatas para um profissional capaz não só de entender a importância da didática no processo de ensino-aprendizagem, mas de se transformar em um agente da mudança social por meio da educação construtiva e inovadora e não como estava atuando, no sentido da educação bancária, de acordo com Freire (1996), em sua obra *Pedagogia da Autonomia*.

A escolha pelo Mestrado em Educação deve-se, acima de tudo, a uma necessidade de aprendizado oriundo das falhas encontradas durante o exercício da profissão de docente, não só reconhecidas por mim como professor em minha autorreflexão, mas observando também pelos demais colegas que dividiam a sala dos professores; pois, em sua maioria, eram profissionais de sucesso na área que lecionavam, mas sem uma base didática que permitisse aos alunos o crescimento almejado.

## 1 INTRODUÇÃO

Apesar do ensino de Física no Brasil ser objeto de estudo na academia, ainda temos consideráveis lacunas no que tange ao processo de ensino-aprendizagem desta disciplina, principalmente no Ensino Médio (MOREIRA, 2000; NARDI, 2005; BRANDÃO; ARAÚJO; VEIT, 2019).

Segundo Santos e Ostermann (2005), que realizaram uma pesquisa compreendendo os anos de 2000 a 2004 sobre o estágio atual da pesquisa em Educação em Ciências, os principais problemas enfrentados pelos professores de Física estão relacionados com a insatisfação dos métodos tradicionais de ensino, a insuficiência do livro texto, que por muitas vezes é o único material utilizado, as dificuldades de utilização do laboratório didático de Física pela falta de tempo para preparação dos experimentos e as dificuldades para usar as tecnologias da informação e comunicação, apesar dos professores reconhecerem a importância da incorporação destas tecnologias como ferramenta auxiliadora no processo de ensino-aprendizagem.

As autoras citadas anteriormente apontaram a dificuldade de contextualizar o conteúdo, relacionando a teoria com alguns fenômenos do cotidiano, o que também se destacou. Somou-se a isto o baixo conhecimento e, principalmente, a pouca base em Matemática, que induzem o aluno a uma falta de perspectiva e de interesse que, em casos extremos, levam o aluno à indisciplina caracterizada pelo seu mau comportamento em sala, acarretando assim mais um fator prejudicial ao docente, que é o acúmulo de papéis, pelo fato do professor ter também que desempenhar a função de educador para o convívio social.

O ambiente de trabalho também foi apontado com um dos fatores atrelados à temática.

É interessante observar que o contato do professor com as inúmeras propostas de recursos didáticos e metodologias inovadoras (exemplos de subtemáticas que representam encontros relativos) poderia ser um passo importante para melhorar sua prática, entretanto, esse contato não é suficiente, dada a desconsideração do contexto escolar e das condições de trabalho dos professores nas pesquisas (SANTOS; OSTERMANN, 2005, p.335).

Estas condições de trabalho também são apontadas por Borges (2006), que atribui alguns dos problemas apontados no ensino da física à tensão entre ensinar para a aprendizagem conceitual e para a preparação aos exames vestibulares. Ele ainda aponta a prática docente, como regra geral, que enfatiza a memorização de fórmulas e sua aplicação para resolução dos exercícios prontos e repetitivos constantes nos livros textos que são adotados pela escola por anos em detrimento do desenvolvimento do pensar cientificamente.

Diante dos diversos problemas pesquisados sobre o ensinamento da Física, a inquietação que permitiu ter o foco da atuação deste trabalho foi baseada em Wieman (2004), eleito também como Professor Nacional do Ano de 2004 pela Fundação Carnegie e o Conselho pelo Avanço e Apoio da Educação.

Nos últimos 500 anos, a ciência avançou rapidamente por se basear em testes experimentais das teorias e das práticas. O ensino de ciências, entretanto, por se guiar principalmente pela tradição e dogma permaneceu em grande parte medieval. A sociedade moderna necessita muito mais. Nossa diversificada população de estudantes merece uma educação de ciências capaz de dotá-los de uma apreciação significativa dos métodos e capacidades da ciência e das amplamente úteis habilidades de resolução de problemas (WIEMAN 2004, apud BORGES, 2006 p. 136).

O termo “medieval” usado por Wieman veio a remeter-nos à nossa realidade, aqui no Brasil, quando observamos toda a tecnologia e avanço disponível no mercado, mas que encontra grandes dificuldades do uso destas na educação. Isto ficou evidente, nos tempos da pandemia que estamos passando neste momento, segundo Marques, Assis e Gomide (2020), ao comentarem que,

[...] para as classes menos favorecidas da sociedade, o resultado não poderia ser pior. Grande parte da população brasileira não possui os instrumentos tecnológicos mínimos e acesso à Internet com a qualidade necessária para participar efetivamente das dinâmicas pedagógicas não presenciais. Além disso, boa parte das instituições de ensino denominadas “públicas”, financiadas pelo Estado, não possuem recursos financeiros, tecnológicos e humanos para migrar o ensino para o ambiente digital. Assim, ampliam-se antigas desigualdades socioeducativas, num evidente favorecimento das classes mais abastadas da sociedade brasileira (MARQUES; ASSIS; GOMIDE, 2020, p.8).

Por outro lado, Oliveira e Souza (2020), apontaram que, diante do contexto atual, a tecnologia surge como uma alternativa viável para atenuar esta situação. Os autores, ainda, apontaram que o uso destas tecnologias tem se tornado uma demanda

clara e urgente, remetendo os envolvidos à necessidade de se reinventar de forma permanente.

Desta forma, há a expectativa de que a educação pós-pandemia estará mais aberta às questões tecnológicas do que nunca, pois o aceite e a familiarização com elas, mesmo que de forma não aprofundada, foram postos como ferramenta obrigatória, o que pode vir a facilitar o processo de ensino-aprendizagem das Ciências e, principalmente da Física, que é o objeto de estudo desta pesquisa.

Mas a Física não é uma ciência?

Sim. A etimologia da palavra Física indica sua origem na palavra grega *physiké*, que significa natureza. Este significado está comumente relacionado com a palavra episteme, também de origem grega e que significa conhecimento, permitindo assim a definição da Física como a ciência que estuda a natureza e que, segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) inclui-se a Biologia e a Química.

A Física, então, apresenta-se dividida em ramos:

- Mecânica: estuda os movimentos dos corpos.
- Termologia: estuda os fenômenos relacionados à temperatura e ao calor.
- Óptica: estuda os fenômenos relacionados com a luz.
- Ondulatória: estuda os fenômenos ligados às ondas, suas características, propriedades e comportamentos.
- Eletricidade e Magnetismo: estuda os fenômenos elétricos e magnéticos.
- Física Moderna: Trata da física desenvolvida no século XX, em que podemos incluir a relatividade, a física quântica e a física nuclear.

Por fim, o uso da tecnologia como ferramenta potencializadora para o processo de ensino-aprendizagem da Física, tendo em vista que os alunos que estão chegando agora no Ensino Médio são considerados nativos digitais, deve ser amplamente discutido, investigado, pesquisado e praticado.

Para isto, esperou-se, com esta pesquisa, poder apresentar uma das diversas ferramentas tecnológicas possíveis de utilização no processo de ensino-aprendizagem da Física: a robótica.

Diferentemente de outras épocas, nas quais a Robótica era vista como ficção científica, para os nativos digitais, aqueles nascidos após 1980 (PALFREY; GASSER,

2011), trata-se de uma realidade que desperta o interesse, aguça a cognição e incentiva a criação, fatores estes que esperamos servir como aliados no processo de ensino-aprendizagem.

Deste modo, a definição do que é a Robótica tornou-se necessária. Segundo o dicionário Michaelis da Língua Portuguesa, a Robótica é a ciência e técnica que envolve a criação, a construção e a utilização de robôs. A Infopédia define Robótica como o conjunto de técnicas respeitantes ao funcionamento e utilização de robôs na execução de múltiplas tarefas em substituição do homem.

Então, o que é um robô?

Para esta resposta, as definições encontradas nos dicionários não apresentaram uma aderência a esta pesquisa tão plausível quanto a definição de Ullrich (1987):

[...] um equipamento multifuncional e reprogramável, projetado para movimentar materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especializados através de movimentos variáveis e programados, para a execução de uma infinidade de tarefas (ULLRICH, 1987, p. 5)

Os termos multifuncional e reprogramável, apresentam-se como destaque desta definição pelo fato de permitirem, no nosso caso aos alunos e professores, diversas possibilidades de criações que possibilitem o desenvolvimento de múltiplas habilidades, enriquecendo o aprendizado pela característica inerente aos projetos que incentiva a transversalidade dos conteúdos planejados pela escola.

Segundo o autor, os robôs podem ser projetados com diversos periféricos, de acordo com o objetivo de cada projeto. Sensores de temperatura, de pressão, ultrassônicos, fotoelétricos, magnéticos e outros mais, podem ser utilizados para monitorar as tarefas que realizam.

Desta forma, eles podem operar outras máquinas e se comunicarem quando ocorrerem problemas funcionais, podendo, inclusive, aprender a tomar decisões devido aos inúmeros recursos oferecidos pelos computadores e softwares que encontramos atualmente e que estão em constante evolução tecnológica.

Assim, quando decidimos utilizar a técnica de criação, construção e utilização de robôs como ferramenta didática no processo de ensino-aprendizagem, temos a Robótica Pedagógica (RP).

Deste modo, este trabalho buscou investigar como a Robótica, utilizada na

condição de ferramenta didática, pode potencializar o ensino quando inserida nos processos de ensino-aprendizagem, com o foco na etapa do Ensino Médio.

Encontramos, na nossa revisão bibliográfica, autores que estudaram esta metodologia de ensino nos últimos anos e que vêm, ao longo destes estudos, demonstrando o enriquecimento que este recurso tecnológico traz para o processo de ensino: (ANTONELLO *et al.*, 2020; AROCA, 2012; BIEHL, 2018; CAMPOS, 2011; CURCIO, 2008; DE MIRANDA; SAMPAIO; BORGES, 2010; DIAS; ABDALLA; SABA, 2015; FABRI JUNIOR, 2014; MARTINS, 2016; PROVDANOV; FREITAS, 2013; SILVA, 2009).

Em relação a estes estudos, ainda encontramos outros pesquisadores do uso da Robótica na Educação, como foco similar ao desta pesquisa, ou seja, no ensino da Física do Ensino Médio: (ARAUJO, 2013; BIEHL, 2018; RABELO, 2016).

Estes estudos apontam uma elevada assertividade no desenvolvimento e preparação dos alunos para o pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho, por meio da investigação, reflexão, análise crítica, imaginação e criatividade que esta metodologia apresenta (BRASIL, 2018a).

Ademais, a Robótica, por representar no mundo contemporâneo aquilo que temos de mais avançado na tecnologia, atrai a atenção dos alunos e desperta a curiosidade que, por meio das experimentações possíveis com a ferramenta, promove um ambiente de construção do conhecimento mútuo.

### **1.1 A problemática e justificativa**

Esta pesquisa inseriu-se no atual cenário do uso da tecnologia na Educação, buscando uma resposta para a seguinte problematização: O uso da Robótica, como tecnologia educacional, poderia auxiliar o processo de ensino-aprendizagem da Física do Ensino Médio?

Buscando a formação de um cidadão crítico contemporâneo, que possa não somente ser solidário, mas também atuante na realidade da qual está inserido, o conhecimento da Física necessita ser ampliado, em decorrência de rupturas com o conhecimento do senso comum.

A Física está mais presente do que nunca neste contexto de mudança: músicas digitalizadas, computadores que operam com semicondutores, fotos sensores na

iluminação pública, ressonância magnética e ultrassom na medicina, usinas nucleares como fontes alternativas de produção de energia em larga escala, o raio laser, a radiação eletromagnética ou ondas de rádio, e uma série de outros exemplos do que temos hoje em comum tanto no microcosmo como no macrocosmo.

Assim, como exposto no histórico do ensino da disciplina de Física no país, em que encontramos deficiências reconhecidas pelas avaliações externas, este trabalho propôs uma contribuição para o processo de ensino-aprendizagem desta disciplina por meio da criação de um material didático, validado pela pesquisa, para apoio e melhoria da práxis dos professores.

Em relação às avaliações externas, além do exposto quanto à indicação do desempenho da disciplina de Física no Brasil, estas ferramentas também são criticadas quando estudadas sobre a valorização das ciências nas avaliações.

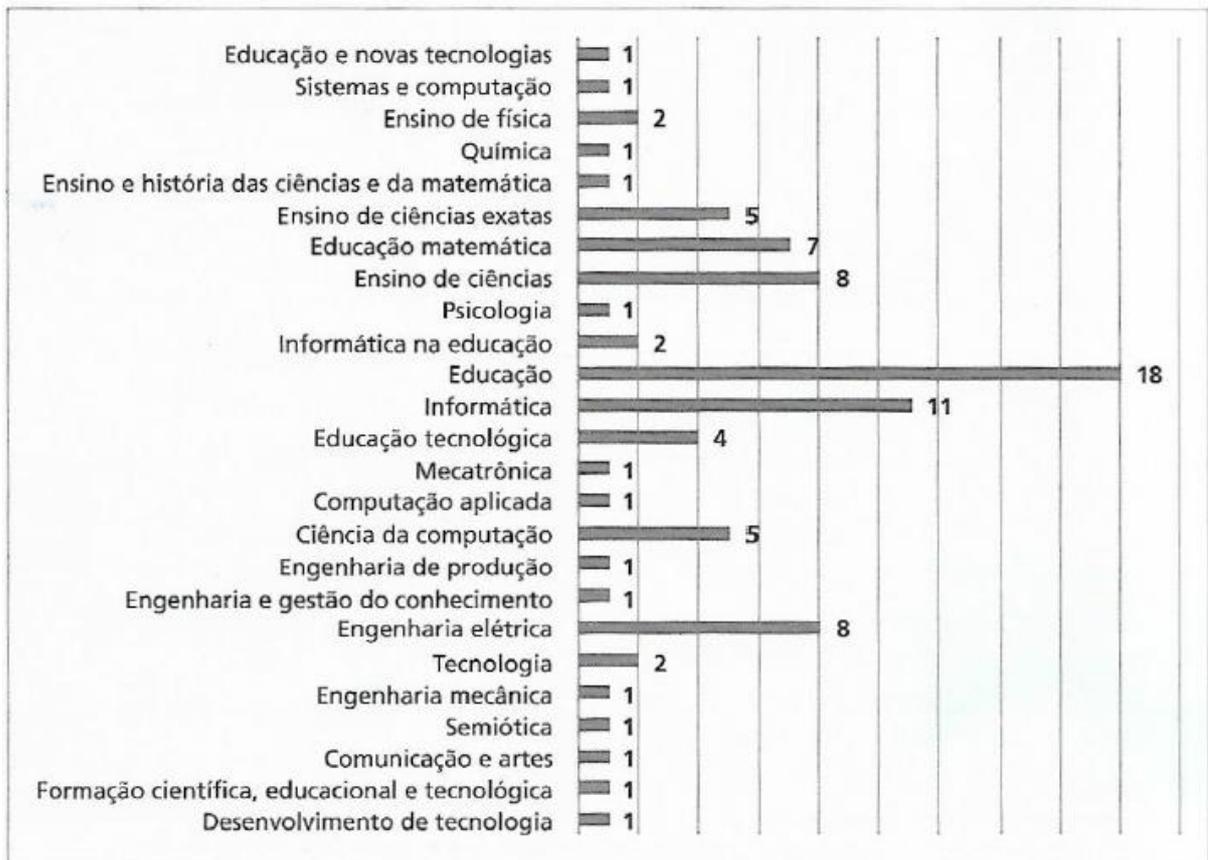
No Brasil, especificamente na região do grande ABC Paulista, suspeita-se que esse excesso de ênfase nas disciplinas de Português e Matemática, decorrente da busca pela obtenção de melhores posições no ranking do IDEB, cria ou reforça um imaginário na mente dos alunos e da comunidade de que essas disciplinas são as mais importantes no cotidiano escolar, sobrepondo-se às outras disciplinas, em geral, e ao ensino de Ciências, em particular (GARCIA *et al.*, 2017, p. 253)

Segundo Silva (2019), de um modo geral, as avaliações nacionais, sejam elas municipais, estaduais e nacionais não contemplam a disciplina de Ciências para o Ensino Médio. O autor também aponta, em sua pesquisa, a concentração apenas em Língua Portuguesa quanto à leitura e a Matemática quanto à resolução de problemas.

Espera-se que, com a Robótica, ocorra a quebra deste paradigma existente em relação à importância das disciplinas de Português e Matemática em detrimento da Física.

Ademais, segundo Campos e Libardoni (2020), que deram continuidade aos estudos de Campos (2011) analisando as pesquisas brasileiras referentes à Robótica educacional, evidencia-se que existem lacunas que devem ser preenchidas.

**Figura 1 - Números de trabalhos científicos por programas**



Fonte: BLIKSTEIN e SILVA, 2020.

O trabalho destes pesquisadores envolveu revisões sistemáticas de teses e dissertações produzidas por um período de 22 anos, de 1994 a 2016, totalizando 86 trabalhos sobre o tema, chamando a atenção para esta pesquisa de que apenas 2 produções destas foram oriundas do programa de Ensino de Física e 18 de Educação, ou seja, 2% nos programas de Ensino da Física e 18% nos programas de Educação, ressaltando assim a importância e relevância desta pesquisa.

## 1.2 Objetivos gerais

O objetivo geral foi compreender como a Robótica pode potencializar o processo de ensino da Física no Ensino Médio, sendo utilizada como ferramenta didática ao docente.

### 1.3 Objetivos específicos

Como objetivo específico foram elencados:

1. Verificar e analisar o conhecimento prévio dos alunos sobre os conceitos da Física básica<sup>1</sup>;
2. Investigar as opiniões dos alunos sobre as experiências vivenciadas;
3. Elaborar um aplicativo que contenha simuladores dos conceitos de Física básica para facilitar o processo de ensino-aprendizagem para os professores do Ensino Médio.

---

<sup>1</sup> No apêndice A deste trabalho apresenta-se o questionário prévio aos alunos que buscou auxiliar no alcance deste objetivo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA PESQUISA

A base teórica para esta pesquisa está fundamentada de forma setorial, ou seja, apesar do foco deste trabalho estar centrado no processo de ensino-aprendizagem da disciplina de Física para o aluno do Ensino Médio, fez-se necessário entender sobre os fatores que permeiam esse contexto, partindo da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), seguindo pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, definindo assim o campo de estudo ao qual esta pesquisa se encaixa, limitando-se à Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Também se utilizou a pesquisa de Garcia *et al.* (2017) sobre as políticas educacionais e o ensino de Ciências no Brasil, que analisou os índices que avaliam o desempenho dos alunos nos testes padronizados.

A teoria Construcionista de Seymour Papert, com abordagem cognitivista derivada da teoria Construtivista de Jean Piaget, também constituíram o construto teórico desta pesquisa que, por meio da Taxonomia de Bloom Revisada (TBR), serviu como ferramenta norteadora para o planejamento e o desenvolvimento da cognição dos alunos, da intervenção proposta.

O entendimento da origem dos robôs, bem como o surgimento da Robótica Educacional ou Robótica Pedagógica, também foram abordados em capítulo específico, para que se possa compreender a forma que este método de ensino incentiva os aprendizes, desenvolvendo seus conhecimentos por meio da realização de uma ação experimental, construindo seus próprios projetos pelo exercício da criatividade.

Por fim, a construção uma matriz de referência aplicada no ensino da Física foi também trabalhado para que se pudesse definir as habilidades que este estudo trabalharia, oriundas de um planejamento prévio atrelado à BNCC, bem como avaliá-las por intermédio dos descritores, que foram definidos para cada etapa da intervenção proposta.

### 2.1 Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB)

Sancionada em 1996, a Lei 9394/96 também é conhecida como Lei Darcy

Ribeiro, em uma homenagem póstuma ao então senador Darcy Ribeiro, que apresentou uma nova versão para substituir a sua versão anterior de 1971, ampliando os direitos educacionais, dando mais autonomia para as escolas e deixando mais claras as atribuições do trabalho docente.

É considerada a lei mais importante do sistema educacional brasileiro e define a Educação, seus níveis e modalidades.

Art. 1º A educação abrange os processos formativos que se desenvolvem na vida familiar, na convivência humana, no trabalho, nas instituições de ensino e pesquisa, nos movimentos sociais e organizações da sociedade civil e nas manifestações culturais.

§ 1º Esta Lei disciplina a educação escolar, que se desenvolve, predominantemente, por meio do ensino, em instituições próprias.

§ 2º A educação escolar deverá vincular-se ao mundo do trabalho e à prática social (BRASIL, 1996, p.1).

Quanto aos níveis e modalidade, considerando o escopo desta pesquisa que está contida na modalidade de Educação Básica, os níveis foram distribuídos em:

**Quadro 1 - Níveis da Educação Básica**



Fonte: Adaptado de (BRASIL, 1996, p.2).

A partir do Ensino Fundamental foi possível verificar na LDB a indicação do uso da tecnologia como ferramenta mediadora dos objetivos da formação básica da criança, evidenciada no Art. 32: “II - a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade” (BRASIL, 1996, p.12).

Em continuidade na análise da LDB, com olhar sobre o Ensino Médio, que está contido no objeto desta pesquisa, ficou evidente, nos próprios termos da Lei, que o Ensino Médio não teve seus direitos e objetivos de aprendizagem definidos, como feito para o Ensino Fundamental. A LDB, em seu Art. 35, transfere essas definições para a BNCC, conforme diretrizes do Conselho Nacional de Educação (CNE), indicando apenas as áreas de conhecimento a saber:

- I - Linguagens e suas tecnologias;
- II - Matemática e suas tecnologias;
- III - Ciências da natureza e suas tecnologias; e
- IV - Ciências humanas e sociais aplicadas.

Assim, sem pontuar o uso da tecnologia como no caso do Ensino Fundamental, reforça-se a obrigatoriedade do ensino da Língua Portuguesa e Matemática nos três anos do Ensino Médio, remetendo-nos a um entendimento de que essas disciplinas superam em grau de importância em detrimento das demais. A Língua Inglesa também recebeu um parágrafo exclusivo indicando sua obrigatoriedade de estudo e outras línguas, preferencialmente o espanhol, receberam destaques para estudo, mesmo que de forma opcional.

Somente com o olhar sobre o egresso do educando do Ensino Médio é que se percebe novamente a tecnologia sendo citada, mas, pela sua abrangência, surgem várias perguntas que a própria LDB não apresenta respostas em si, apenas reforçando no artigo seguinte - Art. 36 - que o currículo do Ensino Médio será composto pela BNCC. Ou seja, a necessidade de recorrer à BNCC, como pesquisador deste trabalho, tornou-se eminente.

§ 8º Os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação processual e formativa serão organizados nas redes de ensino por meio de atividades teóricas e práticas, provas orais e escritas, seminários, projetos e atividades on-line, de tal forma que ao final do ensino médio o educando demonstre:

I - domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna; (BRASIL, 1996, p.14).

Quais seriam estes princípios? Quando se pode considerar que o aluno retém esse domínio? E, considerando que o tempo mínimo obrigatório de duração do Ensino Médio são 3 (três) anos, ao se falar de tecnologia, seria possível considerar que, após o terceiro ano de estudo, o egresso encontra-se alinhado com a “produção moderna?”

Enfim, na LDB, as respostas para esses questionamentos não estão definidas, mas servem também como inquietações oriundas do processo investigativo desta pesquisa.

## **2.2 Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)**

A partir da autonomia concedida à rede pela LDB, a Fundação Carlos Chagas iniciou o estudo de propostas curriculares de Estados e Municípios brasileiros sobre os currículos oficiais. Experiências de outros países, subsídios oriundos do Plano Decenal de Educação<sup>2</sup>, de pesquisas nacionais e internacionais, dados estatísticos sobre desempenho de alunos do Ensino Fundamental, bem como experiências de sala de aula difundidas em encontros, seminários e publicações também foram utilizadas por este estudo.

A partir deste estudo, formulou-se a proposta inicial deste documento, que passou por uma discussão em âmbito nacional, organizado pelo Ministério da Educação (MEC) até sua proposta atual.

A principal contribuição deste documento foi de auxiliar no trabalho docente, servindo como norteador das atividades em sala de aula, sem, contudo, descaracterizar a necessidade de adequação ao Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola. Faz-se necessário destacar que o documento representou uma quebra de paradigma na Educação tradicional, opondo-se à postura conservadora na qual o professor é visto como a autoridade máxima, trabalhando como o guia exclusivo no processo de ensino-aprendizagem.

O documento propõe a “pedagogia renovada”, a saber:

---

<sup>2</sup> Documento elaborado em 1993 pelo Ministério da Educação (MEC), destinado a cumprir, no período de uma década (1993 a 2003), as resoluções da Conferência Mundial de Educação Para Todos, realizada em Jomtien, na Tailândia, em 1990, pela Unesco, Unicef, PNUD e Banco Mundial (BRASIL, 1997a).

A “pedagogia renovada” é uma concepção que inclui várias correntes que, de uma forma ou de outra, estão ligadas ao movimento da Escola Nova ou Escola Ativa. Tais correntes, embora admitam divergências, assumem um mesmo princípio norteador de valorização do indivíduo como ser livre, ativo e social. O centro da atividade escolar não é o professor nem os conteúdos disciplinares, mas sim o aluno, como ser ativo e curioso. O mais importante não é o ensino, mas o processo de aprendizagem. Em oposição à Escola Tradicional, a Escola Nova destaca o princípio da aprendizagem por descoberta e estabelece que a atitude de aprendizagem parte do interesse dos alunos, que, por sua vez, aprendem fundamentalmente pela experiência, pelo que descobrem por si mesmos (BRASIL, 1997, p.31).

A partir desta concepção, a de que os alunos aprendem fundamentalmente pela experiência, esta pesquisa inseriu-se com forte aderência.

O referido documento também endossa um outro referencial teórico escolhido por este trabalho; Papert (2007), ao apontar a necessidade de uma ressignificação para a aprendizagem, processo este que ficou relegado a segundo plano quando o ensino ganhou autonomia em relação à aprendizagem, clarificando que sem aprendizagem o ensino não se realiza.

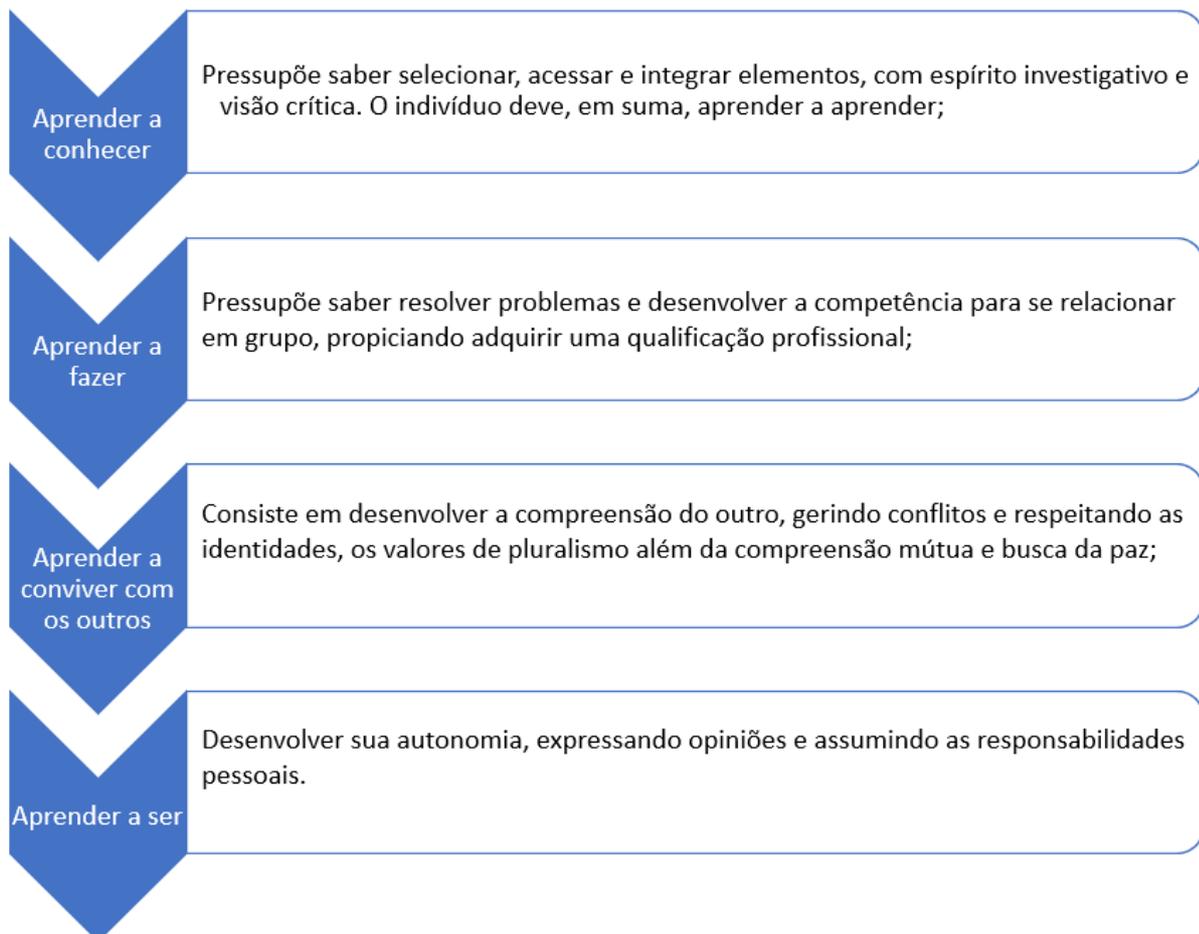
O núcleo central da integração de todas essas contribuições refere-se ao reconhecimento da importância da atividade mental construtiva nos processos de aquisição de conhecimento. Daí o termo construtivismo denominando essa convergência. Assim, o conhecimento não é visto como algo situado fora do indivíduo, a ser adquirido por meio de cópia do real, tampouco como algo que o indivíduo constrói independentemente da realidade exterior, dos demais indivíduos e de suas próprias capacidades pessoais (BRASIL, 1997, p.36).

Quando falamos da tarefa de construir significados sobre os conteúdos da aprendizagem, não existem estudos ou teorias que indicam a existência de algo que possa substituir o próprio aluno nesta tarefa, quando ele enxerga a compatibilidade com sua interação social. Frisou-se aqui o uso da Robótica como ferramenta tecnológica para construção do saber, considerando que os alunos de hoje, que assumem seus lugares nos assentos das salas de aula do Ensino Médio, são considerados nativos digitais (PALFREY; GASSER, 2011), que se familiarizam com extrema facilidade, além de simpatizarem com esta ferramenta, por entenderem que este conhecimento ultrapassa os muros da escola, trazendo a eles o sentimento de pertencimento ao grupo social no qual está inserido.

Quando conversam um com o outro, passam seus últimos vídeos, colocam mensagens em seus blogs e perfis nas redes sociais, ou compartilham os últimos sucessos em redes P2P, eles o fazem cruzando estados, fronteiras nacionais e continentes. Paralelamente ao alcance global da internet e uma cultura digital compartilhada, os Nativos Digitais estão também incorporados nos costumes, hábitos e valores regionais e locais. Esses fatores, entre outros – juntamente com o contexto social e econômico, e as leis locais - podem moldar as formas em que os Nativos Digitais usam a tecnologia digital, como podem perceber suas oportunidades e enfrentar os desafios que ela impõe (PALFREY; GASSER, 2011, p.23).

Ademais, a Robótica como tecnologia educacional também está inserida nos quatro pilares da Educação, indicados pelos PCN (BRASIL, 1998a), conforme quadro 2, a saber:

**Quadro 2 - Os pilares da educação segundo os PCN**



Fonte: Adaptado de (BRASIL, 2000, p.15-16).

Assim, a intervenção planejada com a utilização da Robótica deve garantir a correlação com estes pilares.

A LDB voltada para o Ensino Fundamental 2, que abrange do 6º ao 9º ano, aponta que a contribuição da área do conhecimento de Ciências Naturais, área cujo trabalho de pesquisa está inserido, deve organizar-se em quatro eixos temáticos:

1. Vida e ambiente;
2. Ser humano e saúde;
3. Tecnologia e sociedade; e
4. Terra e universo.

Assim, o aprendizado é proposto aos alunos de forma que sejam dadas condições para que eles sejam capazes de colher e processar informações, desenvolver a comunicação, avaliar situações, tomar decisões, ter atuação positiva e crítica em seu meio social.

A escola e o professor devem promover o debate, o questionamento, a investigação de forma a superar as limitações do ensino passivo. Este tipo de ensino, o passivo, acentua-se na disciplina de Física do Ensino Médio, conforme abordado mais especificamente adiante, no que tange à sua fundamentação baseada na memorização de definições, classificações e fórmulas que não apresentam sentido algum aos alunos.

Seguindo a ordem cronológica, em 2000, por meio dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), o MEC apresentou um novo perfil para o currículo apoiado em competências básicas objetivando a inserção dos jovens na vida adulta. Intitulou-se de novo Ensino Médio, em que a tecnologia ganha mais do que destaque: Ela é considerada como a responsável pela necessidade eminente desta reforma.

A denominada “revolução informática” promove mudanças radicais na área do conhecimento, que passa a ocupar um lugar central nos processos de desenvolvimento, em geral. É possível afirmar que, nas próximas décadas, a educação vá se transformar mais rapidamente do que em muitas outras, em função de uma nova compreensão teórica sobre o papel da escola, estimulada pela incorporação das novas tecnologias (BRASIL, 2000, p.5).

Passadas duas décadas da publicação deste documento, percebeu-se que a velocidade desta transformação citada está aquém das expectativas. Isto também foi citado no documento, em seu capítulo sobre o papel da Educação na sociedade tecnológica, que aborda o grande desafio que se faz necessário enfrentar: Um País

em processo de desenvolvimento, que na década de 90 sequer oferecia uma cobertura para o Ensino Médio maior do que 25% de seus jovens entre 15 a 17 anos. Apontou-se que, como citado anteriormente sobre ensino passivo, uma escola que pretende formar por meio da imposição de modelos, de exercícios de memorização, da fragmentação do saber e da ignorância dos instrumentos mais avançados de acesso ao conhecimento e da comunicação está contribuindo para a exclusão do cidadão e, como instituição pública, acabará também por se marginalizar.

Por fim, o documento ratificou a necessidade de intervenção no Ensino Médio, não só nas questões de macroplanejamento de infraestrutura, mas também na formação docente, nos tratamentos e seleção dos conteúdos e principalmente na incorporação de instrumentos tecnológicos modernos.

### **2.3 Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM)**

O principal objetivo deste documento foi a contribuição para a prática docente por meio do diálogo entre professor e escola. As Orientações Curriculares para o Ensino Médio foram elaboradas pelas equipes técnicas dos Sistemas Estaduais de Educação, professores e alunos da rede pública além de representantes da comunidade acadêmica, a partir de ampla discussão sobre o tema. O grande diferencial que as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM) trouxeram para esta pesquisa, é que, diferentemente dos demais documentos citados anteriormente, ele virá a se apresentar como instrumento de apoio à reflexão do professor, a ser utilizado em favor do aprendiz.

No volume 2 deste documento foram abordados os conhecimentos específicos da disciplina de Física, permitindo assim que as perguntas feitas no capítulo da LDB, para as quais não encontramos respostas no referido documento, sejam agora passíveis de serem respondidas por meio da reflexão obtida com as especificidades contextualizadas nestas Orientações Curriculares. Aliás, já na introdução deste referido documento, perguntas com convergência de ideias, foram feitas de forma crítica à forma de ensino anterior à reforma necessária do Ensino Médio:

Isso leva a questionamentos por parte do professor: Como é feita a transposição? Que conhecimentos deverão ser ensinados? Até hoje a resposta se encontra principalmente nos livros didáticos e nos exames vestibulares, que orientam os conteúdos escolares como se fossem as únicas alternativas. Muito frequentemente ensinam-se as respostas sem formular as perguntas! E há um aspecto para o qual os professores devem se voltar com

especial atenção, relacionado com a característica fundamental da ciência: a sua dimensão investigativa, dificilmente trabalhada na escola nem solicitada nas provas vestibulares (BRASIL, 2006a, p.45).

Este documento vem a ressaltar que uma das características mais importantes da escola, quanto ao processo de aprendizagem, é justamente a atitude reflexiva e autocrítica diante dos possíveis erros. Neste sentido, a Robótica novamente caracterizou-se como ferramenta tecnológica com aderência, pois a prática com essa ferramenta fundamenta-se nas experiências feitas com constantes tentativas e erros que permitem a imediata detecção por parte dos alunos e professores, induzindo o aprendiz à atitude reflexiva, à autocrítica e à investigação de possíveis soluções para o problema encontrado no erro observado, visando não repeti-lo.

Essas experiências também permitem aos alunos a formação de sua autonomia crítica, da qual o documento especificou que deve dar-se sob três aspectos, conforme quadro 3 a seguir:

**Quadro 3 - Formação da autonomia crítica do educando**

Intelectual:	Político:	Econômico:
Pensamento independente dos alunos, desenvolvendo seus próprios conhecimentos;	Participação ativa dos sujeitos no convívio social e trabalho em grupo;	Assegura a formação do sujeito para a sobrevivência material, preparando-o para o mercado de trabalho.

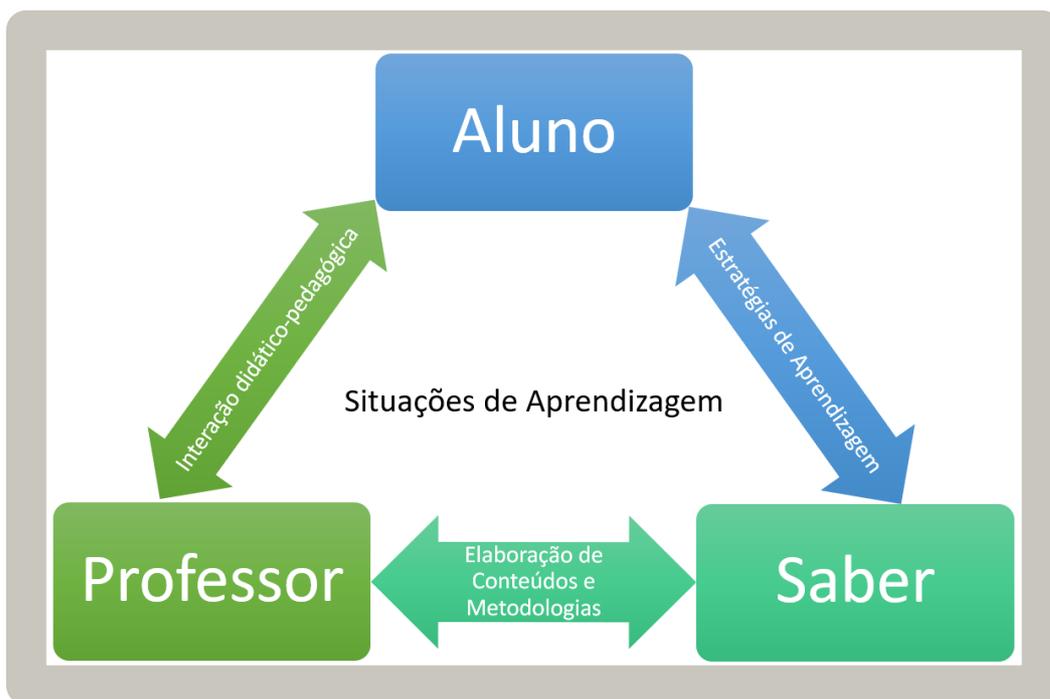
Fonte: Adaptado de (BRASIL, 2006a, p.46).

“As competências e os saberes escolares na relação didática” (BRASIL, 2006b, p.46) também foram amplamente discutidas neste documento, em que se reforçou a necessidade de uma atenção especial para a escolha da tecnologia voltada para as

práticas didáticas, uma vez que, os livros didáticos e os conteúdos disciplinares trabalhados com os alunos não se conectam com a tecnologia atual, servindo, em sua grande maioria, meramente como simples ilustrações.

Desta forma, o documento orientou que a tecnologia deve ser tratada com vistas à solução de problemas concretos, como atividade humana em seus aspectos social e prático. E, novamente, a Robótica como ferramenta tecnológica didática, enquadrou-se neste cenário quando atrelamos a esta escolha intervenções no processo de ensino-aprendizagem sob a forma de apresentação de situações-problemas, das quais esta pesquisa possui planos para a intervenção. Estabeleceu-se assim a relação didática, conforme figura 2 a seguir, por meio deste projeto de ensino com intensão de aprendizagem:

**Figura 2 - Relações didáticas da aprendizagem**



Fonte: Adaptado de Astolfi (1997, p. 72).

Esta relação, por meio das interações e mediações que ocorrem dentro de um sistema didático, relacionam-se entre si inseridas em um sistema de ensino com influências tanto internas quanto externas. Assim, espera-se que em tempo posterior, a escola e o professor retirem-se de cena para que o aluno continue a manter uma relação independente com os saberes escolares construídos.

Este documento, sobressai-se aos demais descritos, com exceção a BNCC que

trataremos adiante, por ter um capítulo exclusivo sobre a Física no Ensino Médio, que está inserida no objeto desta pesquisa. Ele traz questões que nos remetem à reflexão, como: Por que ensinar física? e Para quem ensinar Física?, levantando parte dos principais problemas encontrados no ensino da Física no País, como o foco destoadado de preparar o aluno para a realização do exame vestibular, por exemplo, ou por considerar que estamos inseridos em um mundo cercado de aparatos tecnológicos, mas que a realidade nas escolas é limitadora por via de regra, tendo em vista que a disciplina, como vista na escola, não dá condições para a compreensão destas tecnologias. Eis aqui mais uma reflexão para a resposta de outra pergunta feita no capítulo da LDB da qual não encontramos por lá.

Outras deficiências sobre o processo de ensino-aprendizagem da Física no Ensino Médio são abordadas neste documento (BRASIL, 2006a):

- Os alunos têm a intenção de aprender, mas não o que a escola planeja para ensiná-los atualmente;
- O ensino é feito de forma pragmática, dando respostas prontas às situações idealizadas, desestimulando assim, perguntas características de do espírito questionador;
- A falta da rigorosidade na exploração dos conteúdos, que impedem um tratamento didático adequado, restando à prática docente o repasse de um amontoado de fórmulas e informações desarticuladas;
- A deficiência do conhecimento em Matemática, que apesar de ser perceptível ao docente de Física, trata-se de um problema que deve ser resolvido pela escola, com a colaboração de professores das diversas disciplinas, sem ser considerado tarefa específica do ensino da Física;
- A carga horária insuficiente para o conteúdo planejado. Atualmente, o número de horas/aulas de Física varia entre duas e três horas/aulas semanais;
- A deficiência dos materiais didáticos como promotores da melhoria do ensino da Física.

Por fim, o documento apresenta enfoques e estratégias para a ação didática,

objetivando a ampliação dos objetivos educacionais de forma a superar as deficiências apresentadas.

Como estratégia, iremos apresentar aos alunos situações-problema, proporcionando assim, certa autonomia. Para esta metodologia, onde serão definidas as situações-problemas, o entendimento estrutural da BNCC torna-se eminente, uma vez que essas situações devem estar alinhadas com o currículo comum proposto.

## **2.4 Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**

A BNCC (2018) é um documento normativo que busca assegurar, aos indivíduos, os direitos de aprendizagem e desenvolvimento pertinentes à educação escolar, conforme definido pela LDB em seu § 1º do Artigo 1º, por meio da definição das aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica. Essas aprendizagens convergem para assegurar aos alunos o desenvolvimento de dez competências gerais.

Na BNCC, competência é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho (BRASIL, 2018a, p.8).

Pautando-se em estimular ações que agregue valores na transformação da sociedade, deixando-a mais humana, justa e orientada para a preservação da natureza, a definição destas competências também se alinha à Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (BRASIL; O.N.U., 2015).

Apesar destas competências gerais da Educação Básica serem divididas em três etapas: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio, trataremos neste capítulo apenas as competências atreladas ao Ensino Médio, sem desconsiderar suas inter-relações existentes com as demais etapas que se correlacionam com o objetivo desta pesquisa, como já citado em capítulo anterior, usando o exemplo da necessidade de conhecer as competências específicas de Matemática.

Assim, correlacionaremos abaixo, para cada uma das dez competências gerais, os pontos convergentes com a proposta desta pesquisa. Vale ressaltar que essas correlações são feitas a partir do que se espera durante a realização da intervenção, o que não caracteriza obrigatoriamente que essas correlações sejam

uma regra a ser seguida quanto da atuação em campo desta pesquisa. É importante também deixar claro que não temos a pretensão de transformar essas correlações como a única metodologia possível para o desenvolvimento das competências indicadas, pelo contrário, são apenas a mínima parte do que se é possível fazer utilizando-se da robótica como ferramenta didática atrelada ao processo de ensino-aprendizagem. As possibilidades de desenvolvimento dessas competências, são inúmeras, caracterizando assim uma demanda para futuros estudos.

**Quadro 4 - Competências gerais x Possibilidades com a robótica**

COMPETÊNCIA GERAL	POSSIBILIDADE DE DESENVOLVIMENTO
Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.	A Robótica está inserida neste mundo contemporâneo e, ao ser inserida como ferramenta pedagógica aos alunos considerados como nativos digitais, promove a construção social e inclusiva, ao trabalhar-se em grupos ou equipes.
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.	Não se consegue separar a investigação, reflexão, imaginação e criação quando da utilização da Robótica. A necessidade de solucionar os problemas propostos pela intervenção propiciará aos alunos que investiguem o problema, reflitam sobre quais as melhores alternativas para solucioná-lo, elaborem as respostas por meio da montagem e programação do robô e verifiquem na experimentação se as hipóteses levantadas podem ou não serem validadas. Espera-se que para resolução dos problemas propostos, os alunos tenham que recorrer aos conhecimentos de diferentes áreas.
Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.	Foi planejado na intervenção uma situação-problema na qual os alunos deveriam criar um robô com sucata e/ou material reciclado. Esperava-se, com esta experiência, que a participação dessas práticas diversificadas da produção artístico-cultural fosse contemplada.
Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e	A programação do robô é feita em uma linguagem específica que se torna a cada dia mais comum entre os alunos chamados de nativos digitais. Mesmo para as classes menos favorecidas, com pouco acesso às tecnologias

<p>partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.</p>	<p>digitais, deixar de conhecer essas linguagens interfere em seu convívio social no mundo contemporâneo. Vale o exemplo da sintonização dos canais de TV, que passaram a funcionar somente com sinal digital em detrimento ao sinal analógico, em que a utilização de um conversor, que requer uma programação para busca de canais, é mandatório para quem quiser assistir a um simples canal de TV.</p>
<p>Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.</p>	<p>Para esta competência, a própria definição pode ser traduzida com uso da Robótica como prática pedagógica. Foi previsto na intervenção o uso de celulares, <i>tablets</i> e computador pelos alunos, para a produção do conhecimento, durante a tentativa de resolver as situações-problemas a serem apresentadas.</p>
<p>Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.</p>	<p>O uso dos robôs teve sua origem no mundo do trabalho. A utilização da Robótica na Educação possibilita aos alunos apropriarem-se do entendimento desta relação, podendo, inclusive, despertar o aluno para uma orientação vocacional.</p>
<p>Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.</p>	<p>Não trataremos nesta pesquisa a Robótica Livre, mas entendemos a sua importância e alternativa do uso desta para as escolas menos favorecidas estruturalmente. A abordagem proposta pela Robótica Livre, além de configurar-se como dispositivo didático para o docente de Física, cria a consciência socioambiental almejada por esta competência geral.</p> <p>A Robótica Livre se diferencia por fazer uso de soluções, em sua maior parte, não comerciais. Projetos de Robótica Livre propõem a quebra de paradigma com a utilização de sucatas (Lixo Eletrônico) para a construção de robôs (DIAS; ABDALLA; SABA, 2015).</p>
<p>Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.</p>	<p>A Robótica pode ser inserida nesta competência por meio da criação de competições entre equipes, objetivando, por exemplo, a conclusão de uma sequência de operações que o robô deve executar no menor tempo possível. Essa competição estimulou o reconhecimento de suas emoções e das de colegas, desenvolvendo a capacidade do trabalho em grupo, interligando-se com a competência a seguir.</p>

<p>Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.</p>	<p>O ambiente competitivo citado na competência anterior induziu os alunos a trabalharem sob tensão. O fator tempo que foi incluído na competição definia que quem resolvesse primeiro as operações com o robô ganharia mais pontos. Assim, os conflitos foram inevitáveis. Essas vivências puderam desenvolver nos alunos a capacidade de valorização da diversidade e do respeito mútuo, correlacionando-se com a competência seguinte.</p>
<p>Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.</p>	<p>Estas experiências proporcionadas pela competição prevista como parte da intervenção proposta remeteram os alunos a discussões reflexivas para a tomada de decisões sobre qual a melhor maneira para se tornarem os vencedores da situação proposta. Esperava-se, com esta experiência, poder observar o aumento considerável da motivação deles para o início da realização da tarefa, deixando-os determinados para que, de forma solidária e ética, possam executar a atividade com autonomia.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de (BRASIL, 2018a, p. 9–10)

Além das competências gerais apresentadas, a BNCC contempla em sua estrutura as três etapas da Educação Básica: Educação Infantil, Ensino Fundamental e o Ensino Médio. Este último foi tratado com maiores detalhes, sem descaracterizar a importância das demais etapas a ponto de descartá-las neste trabalho, mas trazendo as convergências possíveis e aplicáveis na perspectiva do objeto de estudo da pesquisa.

Percebeu-se na etapa do Ensino Médio da BNCC uma forte associação com as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM). A resolução nº3, de 21 de Novembro de 2018 do Conselho Nacional de Educação e da Câmara de Educação Básica (BRASIL, 2018b) atualiza as DCNEM, atribuindo um referencial legal e conceitual em seu capítulo II, que indica no seu Art. 3º o dever do Estado em atender o direito de todos quanto à educação nesta etapa.

Também orienta os princípios específicos do Ensino Médio:

Art. 5º O ensino médio em todas as suas modalidades de ensino e as suas formas de organização e oferta, além dos princípios gerais estabelecidos para a educação nacional no art. 206 da Constituição Federal e no art. 3º da

LDB, será orientado pelos seguintes princípios específicos:

I - Formação integral do estudante, expressa por valores, aspectos físicos, cognitivos e socioemocionais;

II - Projeto de vida como estratégia de reflexão sobre trajetória escolar na construção das dimensões pessoal, cidadã e profissional do estudante;

III – Pesquisa como prática pedagógica para inovação, criação e construção de novos conhecimentos;

IV - Respeito aos direitos humanos como direito universal;

V - Compreensão da diversidade e realidade dos sujeitos, das formas de produção e de trabalho e das culturas;

VI - Sustentabilidade ambiental;

VII - Diversificação da oferta de forma a possibilitar múltiplas trajetórias por parte dos estudantes e a articulação dos saberes com o contexto histórico, econômico, social, científico, ambiental, cultural local e do mundo do trabalho;

VIII - Indissociabilidade entre educação e prática social, considerando-se a historicidade dos conhecimentos e dos protagonistas do processo educativo;

IX - Indissociabilidade entre teoria e prática no processo de ensino-aprendizagem (BRASIL, 2018b, p.2).

Adjunto a estes princípios, a BNCC define as finalidades do Ensino Médio na contemporaneidade a saber:

- Garantia da consolidação e aprofundamento dos conhecimentos adquiridos;
- Favorecer a preparação básica para o trabalho e a cidadania;
- O aprimoramento do educando como pessoa humana;
- A compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos.

Nesta última finalidade, o documento especificou a necessidade de possibilitar aos estudantes a apropriação das linguagens das tecnologias digitais, tornando-os fluentes em sua utilização.

A BNCC também define o currículo do Ensino Médio, organizado por meio da oferta de diferentes áreas do conhecimento, a saber:

I – Linguagens e suas tecnologias;

II – Matemática e suas tecnologias;

III – Ciências da natureza e suas tecnologias;

IV – Ciências humanas e sociais aplicadas; e

V – Formação técnica e profissional.

Seguindo o objeto de estudo desta pesquisa, tratou-se especificamente da área

do conhecimento de Ciências da natureza e suas tecnologias, por ser a área na qual a disciplina de Física encontra-se inserida, mas, antes disto, vale dar destaque sobre o que a BNCC pontua com relação as tecnologias digitais e a computação.

Reconhecendo que tanto a Computação quanto as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) estão movendo o mundo produtivo e o cotidiano contemporâneo, o documento alertou para a necessidade de se preparar os jovens aprendizes para atuarem nesta sociedade em constante mudança, pontuando também que é necessário prepará-los para profissões que ainda não existem, mas que certamente envolverá, seja de forma direta ou indireta, o uso da Computação e das tecnologias digitais (BRASIL, 2018a).

Assim, são definidas competências e habilidades com a finalidade de permitirem aos estudantes:

buscar dados e informações de forma crítica nas diferentes mídias, inclusive as sociais, analisando as vantagens do uso e da evolução da tecnologia na sociedade atual, como também seus riscos potenciais;

apropriar-se das linguagens da cultura digital, dos novos letramentos e dos multiletramentos para explorar e produzir os conteúdos em diversas mídias, ampliando as possibilidades de acesso à ciência, à tecnologia, à cultura e ao trabalho;

usar diversas ferramentas de software e aplicativos para compreender e produzir os conteúdos em diversas mídias, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento, e elaborar e explorar diversos registros de representação matemática; e

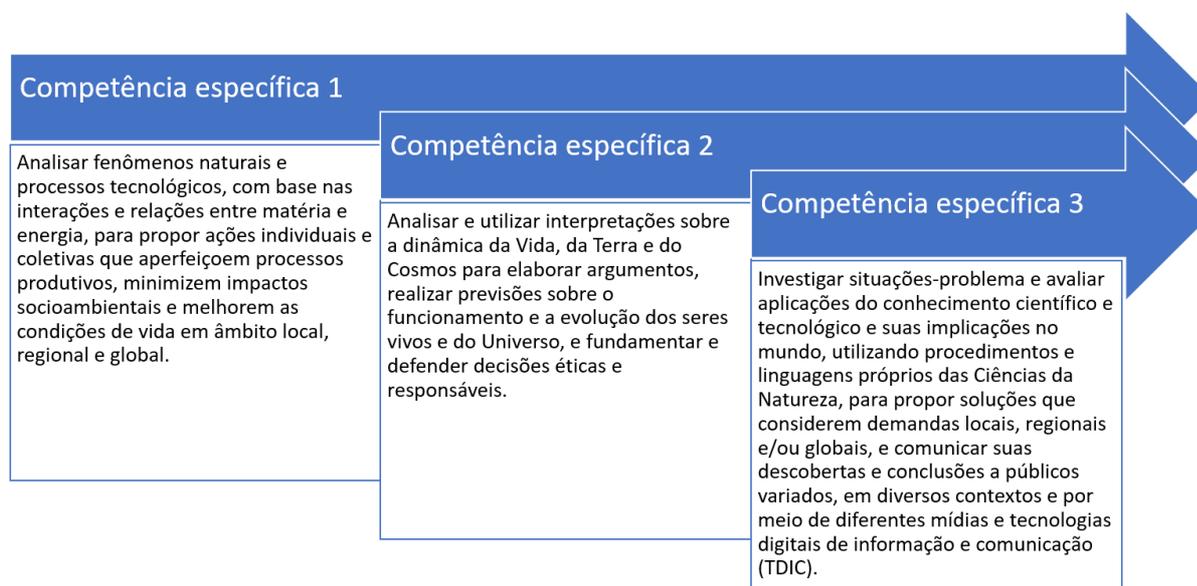
utilizar, propor e/ou implementar soluções (processos e produtos) envolvendo diferentes tecnologias, para identificar, analisar, modelar e solucionar problemas complexos em diversas áreas da vida cotidiana, explorando de forma efetiva o raciocínio lógico, o pensamento computacional, o espírito de investigação e a criatividade (BRASIL, 2018a, p.474-475).

Buscando organizar essas habilidades, ou seja, as práticas cognitivas e socioemocionais que estão inseridas no desenvolvimento das competências, recorreu-se à Taxonomia de Bloom Revisada, que foi tratada mais adiante.

Apesar de ser um documento de 2 anos atrás, o ensino da Física nas escolas não tem apresentado, de maneira efetiva, o atendimento a estas definições (TORTELLI GUARREZI; PAES DE BARROS; FERREIRA DA SILVA, 2020), reforçando ainda mais a relevância desta pesquisa intervencionista e apontando lacunas para outros estudos nas demais áreas de conhecimento, que demonstram sofrerem com a inércia das transformações esperadas.

Por fim, a BNCC, em sua etapa do Ensino Médio, define as competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias conforme o quadro 5 a seguir:

**Quadro 5 - Competências específicas do Ensino Médio**



Fonte: Adaptado pelo autor (BRASIL, 2018a, p.553).

Para estas competências são definidas e delineadas as habilidades específicas, as quais foram abordadas neste trabalho, focando nas que apresentam aderência ao tema proposto desta pesquisa.

Para o conjunto de habilidades contidas na competência 1, o documento ressaltou, antes de elencá-las, a importância do uso da tecnologia como potencializadora do aprendizado:

Também é importante ressaltar que as diferentes habilidades relacionadas a esta competência podem ser desenvolvidas com o uso de dispositivos e aplicativos digitais, que facilitem e potencializem tanto análises e estimativas como a elaboração de representações, simulações e protótipos (BRASIL, 2018a, p.554).

Assim, buscando a correlação entre as habilidades e o objeto da pesquisa, fez-se um ranqueamento para cada habilidade apresentada, com intuito de mostrar a aderência do objeto deste trabalho com a referida habilidade.

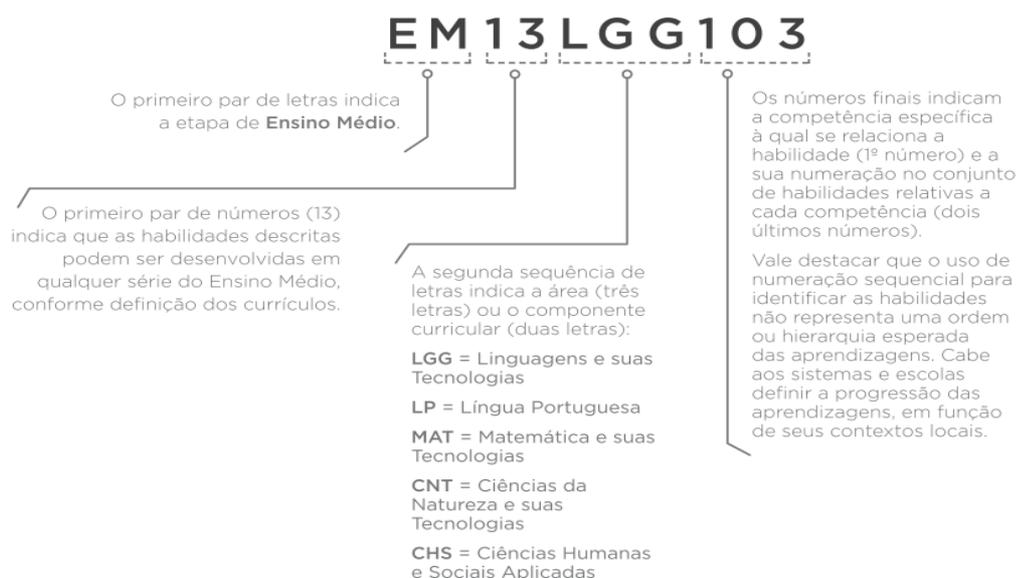
Diferente do que foi feito anteriormente, com as 10 competências gerais da Educação Básica, este ranqueamento apresentou-se de forma mais simples, mostrando apenas o nível de aderência entre o uso da Robótica como ferramenta de tecnologia educacional e a referida habilidade apontada, sendo dividida em 3 classes:

Alta aderência, Média aderência e Baixa aderência.

Vale pontuar novamente que essas observações não devem servir de regra única para o desenvolvimento das habilidades correlacionadas, mas sim um referencial de como se pode utilizar a Robótica como tecnologia educacional para facilitar o desenvolvimento dessas habilidades, sem a intenção de descartar as infindáveis possibilidades existentes, inclusive as que ainda estão por serem descobertas.

Antes de apresentar o ranqueamento supracitado, cabe aqui uma explicação sobre a composição da identificação de cada habilidade apresentada posteriormente, identificação está feita por um código alfanumérico cuja composição é explicada na figura 3 a seguir:

**Figura 3 - Composição da identificação do código alfanumérico das habilidades**



Fonte: (BRASIL, 2018a, p, 34).

Deste modo, o código da habilidade EM13CNT101, por exemplo, significa que a mesma refere-se à etapa do Ensino Médio que pode ser desenvolvida da 1ª à 3ª série, do componente curricular de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, contida na competência específica 1, sendo a 1ª da sequência apresentada, representada pelos dois últimos algarismos 01. Como mencionado na figura 3, esta sequência não representa necessariamente uma hierarquia a ser seguida pelas escolas.

**Quadro 6 - Ranqueamento da aderência da Robótica relacionado às habilidades do EM**

<b>CÓDIGO DA HABILIDADE</b>	<b>DEFINIÇÃO DA HABILIDADE</b>	<b>ADERÊNCIA À PESQUISA</b>
(EM13CNT101)	Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.	★ ★ ★
(EM13CNT102)	Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem a sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.	★ ★
(EM13CNT103)	Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.	★
(EM13CNT104)	Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.	★
(EM13CNT105)	Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.	★
(EM13CNT106)	Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.	★ ★ ★
(EM13CNT107)	Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais – para propor ações que visem a sustentabilidade.	★ ★ ★
(EM13CNT201)	Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as	★

	teorias científicas aceitas atualmente.	
(EM13CNT202)	Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).	★
(EM13CNT203)	Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre esses fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).	★
(EM13CNT204)	Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).	★★
(EM13CNT205)	Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.	★★★
(EM13CNT206)	Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.	★
(EM13CNT207)	Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.	★
(EM13CNT208)	Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.	★
(EM13CNT209)	Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).	★
(EM13CNT301)	Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de	★★★

	situações-problema sob uma perspectiva científica.	
(EM13CNT302)	Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.	★ ★ ★
(EM13CNT303)	Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.	★ ★
(EM13CNT304)	Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (assim como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.	★
(EM13CNT305)	Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade.	★ ★
(EM13CNT306)	Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações desses riscos.	★ ★
(EM13CNT307)	Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.	★
(EM13CNT308)	Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.	★ ★ ★
(EM13CNT309)	Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.	★
(EM13CNT310)	Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte,	★

	telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.	
--	--	--

Legenda: ★ Baixa aderência; ★★ Média aderência; ★★★ Alta aderência.

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de (BRASIL, 2018a, p.555-560).

É importante lembrar que as habilidades identificadas com baixa aderência não descaracterizaram o uso da Robótica como ferramenta educacional tecnológica, apenas indicaram que essas habilidades estão atreladas às demais áreas do conhecimento contidas em Ciências da Natureza e suas tecnologias, como a Biologia e a Química. Como o objeto desta pesquisa foi a Física, esse ranqueamento levou este ponto em consideração. As habilidades que não foram utilizadas (ou foram utilizadas em um único encontro) receberam a categorização de baixa aderência. As habilidades que foram utilizadas de dois a cinco encontros foram categorizadas como média aderência e as habilidades que foram utilizadas em seis ou mais encontros foram categorizadas como alta aderência para esta pesquisa.

## 2.5 Robótica Educacional ou Robótica Pedagógica

A origem dos robôs teve como marco principal a Revolução Industrial, no início do século XVIII, por meio do desenvolvimento tecnológico com o objetivo de automatizar os processos produtivos da época diante do aumento da demanda de produtos.

Segundo Pazos (2002), as principais razões para a utilização dos robôs na produção industrial foram e ainda são:

- a enorme capacidade de trabalho quando comparado ao homem por não necessitarem de descanso, hora de almoço, férias e outros fatores que aumentam os custos das indústrias em detrimento da produtividade;
- a melhoria na qualidade do produto e/ou processo, pela sua precisão em tarefas que exigem cuidado extra na realização destes;
- a capacidade de operar em ambientes hostis ou com produtos perigosos, sem colocar em risco a vida de pessoas;
- a capacidade de exercer tarefas repetitivas por longo período sem sofrer lesões por tais esforços.

Deste modo, com o avanço constante desta tecnologia, angariado principalmente pela indústria, surge a Robótica “como uma ciência e técnica da concepção, construção e utilização de robôs” (SANTOS; LIMA, 2018, p.596).

Este avanço do desenvolvimento tecnológico, que marca a sociedade contemporânea, proporciona mudanças políticas, econômicas e sociais com uma grande diferença em relação a épocas anteriores: o surgimento e uso frequente das tecnologias digitais, transformando a sociedade na denominada “sociedade da informação” (SILVA, 2009, p.1).

Assim, o uso de computadores e dispositivos móveis permite o acesso a informações de forma rápida e abundante por meio da internet e programas facilitadores do cotidiano que buscam, como premissa básica, a resolução de situações-problema que se apresentam em todas as esferas da sociedade. Desde então, a robótica deixa de ser um objeto exclusivo da indústria para consolidar-se na Educação, configurando-se assim, a Robótica Educacional (RE):

A RE configura-se como uma metodologia que pode ser usada em sala de aula, visando assegurar ao estudante uma forma de aprender aplicações que podem ser associadas ao conteúdo do currículo escolar. O processo de aprendizagem vinculado à RE acontece mediante uso de objetos mecânicos programáveis, adquiridos de empresas especializadas na confecção de kits robóticos ou por intermédio de materiais sucateados (SANTOS; LIMA, 2018, p.596-597).

Esta tecnologia também é chamada por alguns autores (ANTONELLO *et al.*, 2020; OLIVEIRA; FONSECA; LEITE, 2020; OLIVEIRA; MILL, 2020a) de Robótica Pedagógica (RP), que destacam o seu uso como ferramenta pedagógica capaz de desenvolver nos alunos várias competências por meio da familiarização e compreensão das atividades que se desenvolvem pela necessidade de resolução de problemas propostos que levam os discentes a desenvolverem projetos, pesquisa e investigação.

Destaca-se nesta metodologia pedagógica sobretudo a de proposição de situações-problemas, a indagação e o interesse que gera nos alunos, despertando-os para a transformação do conhecimento.

É importante propiciar situações, tanto coletivas como individuais, para observações, questionamentos, formulação de hipóteses, experimentação, análise e registro, estabelecendo um processo de troca professor-classe para gerar novas indagações (PAVÃO; FREITAS, 2008, p. 17).

Essas situações conjunham com a teoria Construtivista de Piaget, pois permitem a construção do conhecimento por esta interação resultante entre os alunos e o meio do qual estão inseridos (BECKER, 2012). Inclui-se neste meio, o papel do docente que propõe aos alunos essas situações, permitindo que eles encontrem respostas para determinadas perguntas neste processo cíclico de construção do saber.

Junto com Piaget, utilizando-se desta ideia Construtivista, o professor Seymour Papert idealizou o Construcionismo (SILVEIRA, 2012), inserindo na teoria a integração entre os alunos e os computadores, em que a construção do conhecimento é intermediada pelo uso das ferramentas digitais.

## 2.6 O construcionismo de Seymour Papert

A teoria Construcionista de Papert foi influenciada por, além de Piaget, Lev Vigotsky, Montessori, John Dewey e Paulo Freire (SILVEIRA, 2012).

Papert tinha como finalidade diminuir a dependência que os aprendizes tinham dos adultos que se apresentavam, na educação tradicional, como os provedores da informação. Para isto, Papert propõe o uso de computadores no processo de ensino-aprendizagem com o propósito de que esta tecnologia substituísse os livros e cadernos com a mesma eficácia.

Apesar de ser o precursor do uso de computadores na educação, o foco de Papert não era a máquina em si, mas sim o aprendiz, que fazendo o uso das máquinas estaria inserido em um ambiente de aprendizagem melhorado por meio do aperfeiçoamento da instrução. Esta instrução realizada pelo computador não significa necessariamente que a máquina tivesse o domínio do aprendiz, mas sim que ela propiciasse ao aprendiz a capacidade de desenvolvimento de seu próprio pensamento, deixando o aprendizado indutivo e passando para a construção do conhecimento, exercendo assim o controle sobre as máquinas neste processo.

É a partir desta ideia que surgiu o termo construcionismo de Papert, que deriva da designação da construção de conhecimentos nos moldes de Piaget, mas tendo como resultante a materialização deste evento.

Neste contexto de elaboração e construção do conhecimento por meio da criação de um objeto palpável surge toda a potencialidade da robótica. Enquanto ferramenta, pode ser inserida como mediadora de processos de ensino e de aprendizagem, traduzindo-se em diferencial importante à educação, no sentido de propiciar experiências interdisciplinares aos estudantes, oferecendo a oportunidade de se confrontar e resolver problemas pela simulação de situações da vida real, respeitando as características de aprendizagens individuais (OLIVEIRA e MILL, 2020).

Papert, durante a investigação dos processos tradicionais de aprendizagem, observou que o aprendiz mentaliza primeiramente as instruções dos professores para somente após partir para a criação, gerando assim uma inquietação por entender que, justamente o contrário é o mais importante: Primeiro o aprendiz deve criar abstrações, neste caso com o uso da tecnologia, para somente depois assimilar o ensino formal, de Física por exemplo. Assim, os aprendizes poderão visualizar a velocidade média e

angular, por exemplo, antes de tentarem entendê-las no quadro negro da sala de aula.

Esses estudos foram desenvolvidos enquanto Papert trabalhava com Piaget na Universidade de Genebra e aprimorados após Papert ter sido convidado para ser pesquisador associado ao *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* no laboratório de inteligência artificial criado por Marvin Minsky e John McCarthy. Mais tarde, Papert assumiu este laboratório onde permaneceu até 1981 (SILVA, 2018).

Ancorado na perspectiva destes estudos, a teoria Construcionista de Papert desencadeia o movimento *maker*, ou faça você mesmo, movimento este que é apontado por Campos (2013) como aquele que busca a integração de projetos que combinem a criação e engenharia, projetos com foco em temas e desafios e projetos que estimulem o desenvolvimento de histórias e organização de mostras, além dos campeonatos.

Este movimento permite ao aluno, por meio da interação dos objetos desse ambiente, tornar-se o construtor de seu próprio conhecimento, modificando assim a forma tradicional em que o conhecimento era transmitido, instruído e ensinado.

Assim, torna-se característico do Construcionismo o lugar para as “teorias transitórias” apontadas por Papert (1980), que descaracteriza a valorização da dicotomia entre certo e errado, podendo transformar o pensamento dos alunos em um pensamento epistemológico, experiência esta que nem mesmo pela maioria dos adultos é compartilhada.

Esta imagem da criança com pensamento epistemológico chamou a atenção de Papert quando ele trabalhava com Piaget, em 1964, no Centro de Epistemologia Genética de Piaget, em Genebra. Segundo Papert (1981), em seu relato no livro "*Computers and Computer Cultures*", ver as crianças como construtoras ativas de suas próprias estruturas intelectuais era impressionante. Isto quer dizer que o fato de as estruturas intelectuais serem construídas pelos alunos e não pelos professores não indica que sejam construídas a partir do nada. As crianças desenvolvem sim esses componentes do pensamento e outros componentes do conhecimento de forma pré-consciente e espontânea, como as habilidades envolvidas na lógica e algoritmos, mas se desenvolvem lentamente; ou até mesmo nunca se desenvolveriam sem a educação formal.

Assim permitindo aos alunos a construção deste conhecimento por meio da programação, o processo de aprendizagem é transformado, tornando-os mais ativos

e autônomos de seus conhecimentos.

A autonomia, enquanto amadurecimento do ser para si, é processo, é vir a ser. Não ocorre em data marcada. É neste sentido que uma pedagogia da autonomia tem de estar centrada em experiências estimuladoras da decisão e da responsabilidade, vale dizer, em experiências respeitadas da liberdade (FREIRE, 1996, p.107).

Esta experiência inclui os elementos necessários para tornar os alunos pensadores formais, que, de acordo com Piaget, está associado ao pensamento combinatório, em que é preciso raciocinar em termos do conjunto de todos os estados possíveis de um sistema e pensamento autorreferencial sobre o próprio pensamento.

Por fim, entendeu-se que a teoria do Construcionismo de Papert é que melhor se enquadra para esta pesquisa intervencionista, fazendo-se necessário para o planejamento das intervenções propostas uma classificação organizada das atividades que serão propostas, de maneira que se possa desenvolver diferentes níveis de abstração. Para isto, escolhemos por utilizar a Taxonomia de Bloom como ferramenta norteadora a esta classificação preparatória para o trabalho de pesquisa.

## **2.7 A Taxonomia de Bloom como norteadora à intervenção proposta**

A palavra taxonomia vem do grego *taxís*, que significa ordenação, e *nomos*, que se refere à norma, ou seja, sistema normatizado, refletindo como classificação ordenada.

A taxonomia de Bloom é um esquema para classificar metas, objetivos e padrões educacionais. Ele fornece uma estrutura organizacional e um significado comum para os objetivos de aprendizagem classificados em uma de suas categorias (HUANG; SPECTOR; YANG, 2019, p.131).

Benjamin S. Bloom (1956) percebeu que, em mesmas condições de ensino, todos os alunos aprendem, porém com diferentes níveis de profundidade e abstração, construindo uma taxonomia para os processos cognitivos com estrutura hierárquica de domínios (conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação). Esta classificação sugere que, após conhecer algo podemos entendê-lo (compreensão) para aplicá-lo em alguma situação e assim por diante.

Para a resolução de situações-problema, o aluno deverá organizar e reorganizar o problema, partindo da seleção de níveis e aplicação deles, no processo

educacional.

**Figura 4 - Domínios da Taxonomia de Bloom**



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Tiago Quartiero Pereira (2018).

A figura 4 mostra os três domínios da Taxonomia de Bloom e a sua condição transicional entre eles. Apesar desta condição, ou seja, que durante o desenvolvimento dos processos cognitivos do aprendiz alcance os níveis cognitivo, afetivo e psicomotor, optou-se nesta pesquisa por observar os impactos apenas para o nível cognitivo. Entende-se a importância dos demais, inclusive havendo a expectativa prévia de que, durante a pesquisa, o desenvolvimento destes níveis fosse também observado. Mas não foram analisados em função do entendimento de que estes níveis justificariam o desmembramento de outras pesquisas com focos diferentes desta.

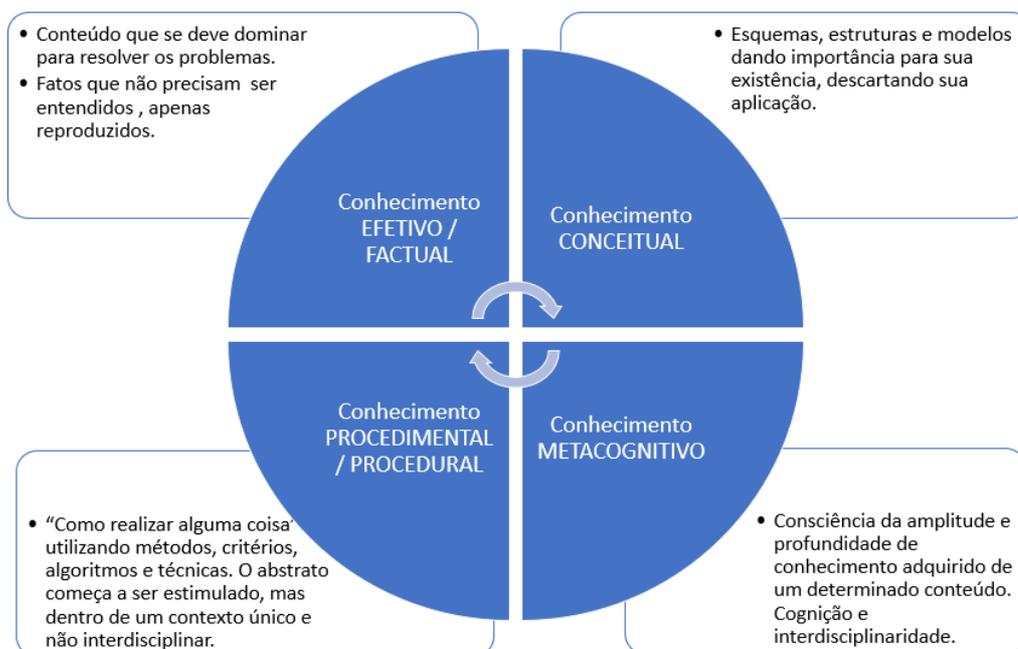
Assim, o uso da Taxonomia para a elaboração dos encontros intervencionistas que esta pesquisa propôs se alinhou com a definição de competências e habilidades definidas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Este documento de caráter formativo, em conformidade com o Plano Nacional de Educação (PNE), define competência como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho (BRASIL, 2018a).

A robótica educacional, por meio da intervenção aqui proposta, apresenta grande aderência na conexão destes domínios que se consolida como uma perspectiva cognitiva para elaboração das situações-problemas propostas.

No caso desta proposta, também foi importante deixar que o estudante ficasse livre para modificar e criar sua própria programação, atendendo ao Construcionismo do qual este trabalho apresenta como fundamentação teórica, sem considerar um só tipo de programação como correto, além de promover entre eles um ambiente de desafios e competição entre equipes, fatores estes que impulsionaram os alunos no tocante ao engajamento escolar, trazendo como benefícios habilidades de trabalho em equipe, pensamento computacional, raciocínio rápido e lógico além da garantia de aprendizagem por meio dos erros e acertos oriundos das competições propostas pelos exercícios que serão desenvolvidos em sala.

Assim, utilizando-se da Taxonomia de Bloom Revisada (TBR), optou-se pela construção de uma matriz de referência como planejamento para cada encontro da intervenção proposta, buscando o desenvolvimento gradual dos alunos de maneira que as atividades propostas possam abranger todas as dimensões do conhecimento.

**Figura 5 - Dimensões do conhecimento - Taxonomia de Bloom Revisada (TBR)**

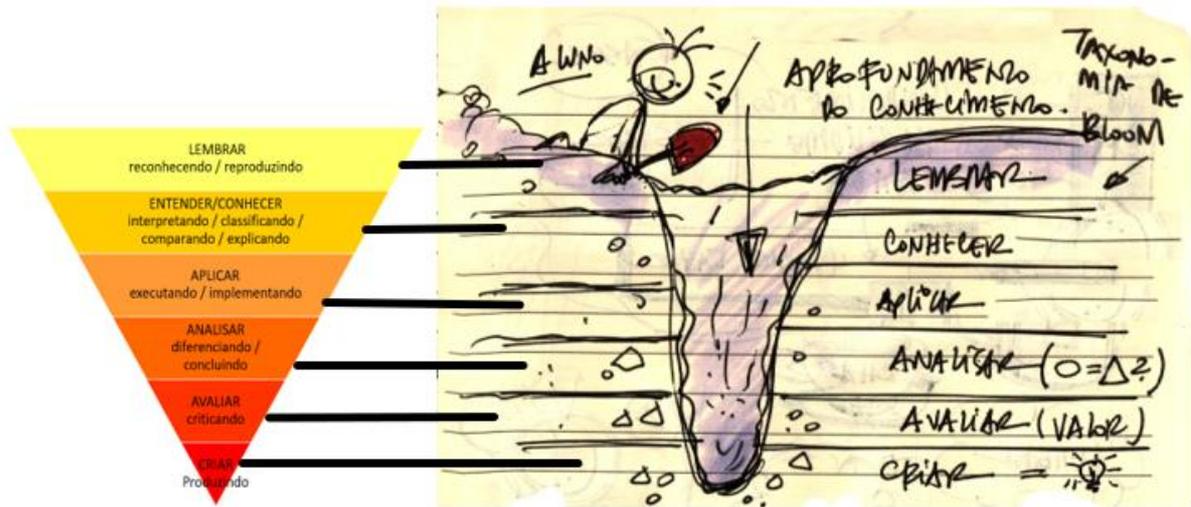


Fonte: Adaptado de (CARLOS, 2016).

A partir da matriz de referência, derivou-se a criação dos objetivos instrucionais, definidos para cada encontro da intervenção, possibilitando aos alunos

desenvolverem o domínio de uma ou mais dimensão do conhecimento, demonstrada acima, aprofundando-se nos níveis cognitivos de forma gradativa.

**Figura 6 - Níveis cognitivos - Taxonomia de Bloom Revisada (TBR)**



Fonte: Adaptado Driscoll (2000) e Krathwohl (2002).

A ideia é que a matriz pudesse, a cada encontro planejado, definir tanto a dimensão do conhecimento a ser trabalhada quanto o nível cognitivo desenvolvido, permitindo assim que os alunos pudessem estar avançando, a cada encontro, na construção do conhecimento.

### **3 A MATRIZ DE REFERÊNCIA APLICADA NO ENSINO DA FÍSICA POR MEIO DA ROBÓTICA**

O principal objetivo de se construir uma matriz de referência para a intervenção proposta por este trabalho foi o de auxiliar o professor de Física do Ensino Médio quanto aos desafios impostos no processo de ensino-aprendizagem de parte dos conteúdos essenciais aos alunos do 1º ano. Dentre estes desafios, a dificuldade encontrada nos materiais didáticos disponíveis, como os livros-textos e os exercícios repetitivos, que exigem dos alunos a memorização de fórmulas sem que eles possam entender, na prática, o funcionamento da teoria foi o fator de maior inquietação que se utilizou para a construção da matriz.

É um documento organizado e apresentado na presente pesquisa que direcionou o processo intervencionista por meio das oficinas de Robótica que foram realizadas de forma extracurricular, propostas aos alunos no formato de um curso de Robótica, no laboratório de física da escola.

Nesta matriz, indicam-se as competências que foram desenvolvidas pelos alunos em cada etapa da intervenção, conforme definição já apresentada.

Como descrito no capítulo anterior, para a construção da matriz utilizou-se da Taxonomia de Bloom Revisada (TBR), adaptando-se as funções cognitivas definidas nesta teoria, elencando-se as competências com os verbos para cada uma delas.

Deste modo, a proposta foi de possibilitar o avanço nos níveis cognitivos observados em cada encontro proposto por esta matriz.

Mesmo sendo abordada uma parte pequena do conteúdo programático definido pelo Projeto Pedagógico, ainda assim veio a tornar-se um importante instrumento para análise e problematização nas escolas. Investigou-se se a hierarquização dos conhecimentos, tanto prévios quanto os a serem adquiridos, com base nesta matriz apoiada na TBR, permitirá a verificação da evolução dos alunos no percurso dos encontros.

Outras fontes foram utilizadas para a construção da matriz: A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que define as competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio, bem como as diferentes habilidades relacionadas a cada competência específica, e o conteúdo programático da disciplina de Física do 1º ano. Realizou-se também uma adaptação dos itinerários

formativos, regulamentado pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM/2018), que flexibiliza a organização curricular do Ensino Médio, possibilitando assim opções de escolha para os estudantes, compondo competências e habilidades de diferentes áreas do conhecimento, como por exemplo a área de Matemática e suas tecnologias.

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

Neste ponto, evidencia-se a interface apresentada entre as áreas de conhecimento de matemática e física, reforçando a teoria construcionista de Seymour Papert, que parte dos pressupostos construtivistas da teoria de Piaget, onde o processo de aprendizagem é visto como “construção de estruturas do conhecimento”, independente das circunstâncias do aprendizado, e complementa a teoria com a ideia de que esse aprendizado acontece de maneira especialmente efetiva pelo qual o aluno está conscientemente engajado em construir uma entidade pública, “seja ela um castelo de areia na praia ou a Teoria do Universo” (PAPERT; HAREL, 2002).

Esta teoria defende que o conhecimento é construído na realização de ações concretas que resultam em produtos palpáveis e que sejam do interesse de quem o produz.

Desta forma, para cada encontro da oficina, explorou-se as competências desenvolvidas, as funções cognitivas atreladas às atividades propostas e os objetivos para cada encontro, integrando tanto a BNCC quanto o planejamento pedagógico da escola por meio de seu plano de aula anual.

O planejamento para cada encontro da oficina proposta, baseou-se em algumas premissas:

1. O conteúdo a ser abordado deveria ser propício à experimentação;
2. A abordagem deveria ser construcionista com ênfase na solução de problemas;
3. Os encontros deveriam estar alinhados com a BNCC, o PPP da escola e seus

respectivos planos de aula.

Com base nas premissas citadas, desenvolveu-se a seguir o modelo do planejamento, encontro a encontro, da intervenção proposta:

**Quadro 7 - A taxonomia por encontro da intervenção proposta**

ENCONTRO	DIMENSÃO DO CONHECIMENTO	NÍVEL COGNITIVO	OBJETIVOS INSTRUCIONAIS	ATIVIDADES ESTRATÉGICAS
1	Conceitual	Lembrar	Recordar as boas práticas de convivência social.	Reconhecer seus colegas de grupo como estrutura social da qual se convive.
2	Conceitual	Entender	Entender as conversões de velocidade baseado no espaço e tempo com unidades distintas.	Interpretar a composição unitária das unidades.
3	Conceitual	Entender	Entender a importância do trabalho em equipe.	Interpretar os resultados da experiência obtidos pelos integrantes do grupo.
4	Conceitual	Aplicar	Aplicar o uso tecnologias digitais móveis.	Utilizar o celular para a realização da atividade.
5	Procedimental / Procedural	Analisar	Analisar o pensamento de algoritmo e programação.	Comparar os resultados do programa deste encontro com os anteriores.
6	Procedimental / Procedural	Avaliar	Avaliar a influência do tamanho das rodas no comportamento do robô.	Justificar a escolha da resposta dada no questionamento da atividade.
7	Metacognitivo	Analisar	Analisar a relação de engrenagens por meio da realização de cálculos mentais.	Comparar as montagens alternadas das relações de engrenagens.
8	Procedimental / Procedural	Conhecer	Conhecer os conceitos de força e atrito.	Interpretar os resultados vivenciados pela situação-problema definida para o encontro.
9	Procedimental / Procedural	Aplicar	Aplicar os conceitos de força, atrito e torque.	Executar a tarefa proposta pela situação-problema do encontro.
10	Metacognitivo	Criar	Criar um robô com materiais recicláveis.	Produzir um dispositivo similar robô, a partir de materiais recicláveis ou lixo eletrônico.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No apêndice B deste trabalho foi apresentada a matriz completa, indicando para cada encontro a atividade proposta, os objetivos integrados, as funções cognitivas e as competências trabalhadas.

## **4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Neste capítulo apresentam-se os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa, cujas bases teóricas fundamentam-se na Intervenção Pedagógica.

Para isto, pesquisou-se o estado da arte da Robótica Educacional ou Robótica Pedagógica em nosso país, buscando entender não só o avanço do uso deste recurso didático nas escolas, mas também as principais lacunas que podem ser preenchidas, direcionando assim as oficinas desta pesquisa. Além disso, apresenta-se a aplicação do curso extracurricular de Robótica, proposto pela intervenção, encontro a encontro, conforme planejamento citado no capítulo anterior.

### **4.1 Intervenção pedagógica**

Nesta pesquisa, a intervenção pedagógica teve o objetivo de possibilitar que os alunos possam compreender e desenvolver as noções básicas dos conceitos da Física, por meio da aplicação de um curso extracurricular com a utilização da Robótica como ferramenta didática pedagógica. Utilizando-se da matriz de referência planejada, onde a dimensão do conhecimento e o nível cognitivo dos aprendizes são desenvolvidos com atividades estratégicas de um determinado objetivo instrucional proposto pelo encontro, espera-se que a intervenção possa desenvolver, de forma a desenvolver a capacidade cognitiva dos alunos.

### **4.2 Da contextualização do campo da pesquisa**

O presente trabalho de pesquisa foi realizado no Colégio Universitário USCS, localizado em São Caetano do Sul, município brasileiro do estado de São Paulo, que possui o melhor IDH do Brasil, de acordo com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD/2010). Sua população aferida no último Censo (2010) foi de 149.263 habitantes em uma área total de 15,331 Km<sup>2</sup>, resultando em uma densidade demográfica de 9.736,03 hab/Km<sup>2</sup>.

Como uma escola de Educação Básica, atua exclusivamente no Ensino Médio dedicando-se à pesquisa e extensão, a observação, experimentação, demonstração e aplicação de métodos e técnicas de ensino.

Ademais, o Colégio Universitário USCS apresenta o compromisso de desempenhar um papel fundamental como elo entre universidade, escolas de educação básica, sejam estas públicas ou privadas, e a sociedade, tanto do ponto de vista da formação de professores como na elaboração e aplicação de propostas de inovação pedagógica e outras experiências que possam servir de referência para a educação formal.(UNIVERSIDADE MUNICIPAL DE SÃO CAETANO DO SUL - USCS, 2018).

Assim, concomitantemente ao objetivo do Colégio, esta pesquisa utilizará o laboratório de recursos humanos e equipamentos oferecidos pela escola para a realização das experiências, buscando o desenvolvimento e aprimoramento de inovações pedagógicas vinculadas a este trabalho, promovendo desta forma a desenvolvimento das capacidades de pesquisa, busca de informações, análise e seleção, de forma autônoma e crítica para professores e alunos.

Por fim, em consonância com a concepção pedagógica do colégio, que considera a necessidade de formação das estruturas cognitivas centradas no aluno, esta pesquisa visa promover a capacidade de resolver problemas, com uma abordagem interdisciplinar, uma vez que as situações-problemas que serão trabalhadas na pesquisa demandarão da análise de vários aspectos devido à incapacidade de se resolvê-las de forma isolada.

### **4.3 Do público-alvo da pesquisa**

Diante do exposto no capítulo anterior, a pesquisa foi realizada como um curso extracurricular de Robótica aos alunos do 1º ano do Ensino Médio, com frequência semanal, no laboratório de Física do Colégio, divididos em 10 encontros com 2 horas de duração cada, perfazendo um total de 20 horas.

A seleção dos alunos foi feita por meio da divulgação do curso a ser realizada pela escola, aos alunos do 1º ano do Ensino Médio.

O tipo de amostra foi definido como conveniência, não probabilística.

### **4.4 Do delineamento da pesquisa**

A presente pesquisa foi delineada, segundo Damiani (2013), como uma pesquisa do tipo Intervenção Pedagógica. A mesma pode ser conceituada como:

[...] como investigações que envolvem o planejamento e a implementação de interferências (mudanças, inovações, etc.) destinadas a produzir avanços e melhorias nos processos de aprendizagem dos sujeitos que delas participam e, posteriormente, avaliação dos efeitos dessas interferências (DAMIANI *et al.*, 2013, p. 58).

Outrossim, Chizzotti (2006) apresenta que as bases teóricas para a pesquisa intervencionista têm a sua origem na própria pesquisa-ação e toda a sua orientação é derivada inicialmente de pesquisas norte-americanas. Independentemente de fatores históricos aqui descritos, é relevante citarmos que a mesma “[...] está centrada no contexto e objetiva resolver problemas da vida real no seu contexto” (CHIZZOTTI, 2006, p. 86). Para esta pesquisa, concentrou-se na situação didática construída e elaborada a partir do oferecimento de uma oficina extracurricular do Ensino Médio no Colégio Universitário da USCS, em São Caetano do Sul – SP.

#### **4.5 Do método da intervenção**

Com base no método de pesquisa intervencionista, optou-se, nesta pesquisa, pela aplicação de um curso extracurricular, que foi dividido em dez encontros com 2 horas cada, utilizando-se a Robótica por meio do KIT LEGO MINDSTORMS e do laboratório de Física do Colégio Universitário.

O KIT LEGO é um KIT comercial de robótica educacional, que estimula o aprendizado de STEM (sigla internacional para as áreas de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática). É destinado a alunos a partir dos 10 anos até o Ensino Médio e para projetos de cursos do Ensino Superior.

No início da primeira aula do curso, os alunos preencheram um questionário estruturado, contendo questões objetivas, que foi utilizado para avaliar os conhecimentos prévios da disciplina de Física.

Ao final da pesquisa, os alunos participaram de entrevistas que foram filmadas para posterior transcrição e análise. Para a realização do curso, foi necessária a utilização de celulares e computador, para a utilização de todas as interfaces possíveis com o KIT. O computador devia ter o software da LEGO MINDSTORMS ev3 instalado,

possuir interface com *Bluetooth*<sup>3</sup> e acesso à internet.

#### 4.6 Da dinâmica e da organização dos encontros

Foram apresentados, nesta seção, os objetivos para cada encontro da intervenção planejada de forma resumida. Maiores detalhes, com suas respectivas explicações sobre a preparação para cada encontro, encontram-se no apêndice G deste trabalho.

1º encontro – A integração fez parte da realização:

Objetivos:

1. Conhecer os componentes do KIT por meio da classificação;
2. Entender os desenhos em perspectiva, por meio da interpretação;
3. Aplicar, por meio da definição teórica, a implementação do inventário;
4. Recordar as boas práticas de convivência social, reconhecendo seus colegas de grupo como estrutura social na qual se convive.

Situação-problema:

Os alunos deveriam verificar se o KIT LEGO está com todos seus componentes de acordo com o catálogo de peças. As peças deveriam ser separadas por modelo, cor e tipo.

Após a verificação e contagem dos componentes, os alunos deveriam elaborar o relatório de inventário do KIT.

Quadro de desenvolvimento do aluno:

---

<sup>3</sup> O Bluetooth é uma tecnologia de radiofrequência que opera na faixa de frequência não licenciada dos 2.4 GHz, também conhecida como ISM – *Industrial Scientific Medical* (Industrial Científica Médica). (ATOJI, 2010).

**Quadro 8 - Dimensões a serem observadas – 1º encontro**

Dimensão do Conhecimento	Dimensões dos processos cognitivos					
	Lembrar / Recordar	Entender / Conhecer	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento efetivo / factual		★ 1				
Conhecimento conceitual	★ 4	★ 2				
Conhecimento procedimental / procedural			★ 3			
Conhecimento metacognitivo						

Fonte: Elaborado pelo autor.

2º encontro – ande sempre na linha para vencer:

Objetivos:

1. Recordar conceitos de unidade de medida, definindo o Sistema Internacional de Unidades (SI) como padrão nacional;
2. Entender as conversões de velocidade baseado no espaço e tempo com unidades distintas, interpretando a composição unitária das unidades;
3. Entender o pensamento algoritmo durante a programação do robô, classificando os comandos da programação por ordem de execução.

Situação-problema:

Os alunos deveriam programar o robô para percorrer um circuito em linha reta, com distância e tempo controlados, para que pudessem calcular a velocidade do robô em quilômetros por hora (Km/h) e depois convertê-la para metros por segundo (m/s).

Quadro de desenvolvimento do aluno:

**Quadro 9 - Dimensões a serem observadas - 2º encontro**

Dimensão do Conhecimento	Dimensões dos processos cognitivos					
	Lembrar / Recordar	Entender / Conhecer	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento efetivo / factual						
Conhecimento conceitual		 				
Conhecimento procedimental / procedural						
Conhecimento <u>metacognitivo</u>						

Fonte: Elaborado pelo autor.

3º encontro – O caminho não é fácil, mas traz aprendizado

Objetivos:

1. Aplicar o pensamento algoritmo, executando o programa de maior complexidade do que no encontro anterior;
2. Analisar o resultado da programação, comparando com a programação do encontro anterior;
3. Entender a importância do trabalho em equipe, interpretando os resultados da experiência obtidos pelos integrantes do grupo.

Situação-problema:

Os alunos deveriam programar o robô para realizar o trajeto de ida e volta no mesmo programa, ou seja, o robô deveria percorrer a linha utilizada no encontro passado, porém, ao final do percurso, realizar uma curva de 180°, retornando para o ponto de origem. Esta programação deveria ser feita com uso do notebook que tenha instalado o software da LEGO MINDSTORMS.

Quadro de desenvolvimento do aluno:

**Quadro 10 - Dimensões a serem observadas - 3º encontro**

Dimensão do Conhecimento	Dimensões dos processos cognitivos					
	Lembrar / Recordar	Entender / Conhecer	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento efetivo / factual						
Conhecimento conceitual						
Conhecimento procedimental / procedural						
Conhecimento <u>metacognitivo</u>						

Fonte: Elaborado pelo autor.

4º encontro – use e abuse do seu celular

Objetivos:

1. Aplicar o uso tecnologias digitais móveis, utilizando o celular;
2. Entender as facilidades das conexões de interface entre dispositivos digitais, interpretando os resultados obtidos na experiência sem fio.

Situação-Problema:

Os alunos deveriam realizar o circuito apresentado no apêndice D com a utilização do celular como controlador do robô, por meio de conexão Wi-Fi ou Bluetooth. O aluno que realizasse a tarefa em menor tempo, receberia o título de campeão. Esta competição buscou verificar o comportamento dos alunos em um ambiente competitivo.

Quadro de desenvolvimento do aluno:

**Quadro 11 - Dimensões a serem observadas - 4º encontro**

Dimensão do Conhecimento	Dimensões dos processos cognitivos					
	Lembrar / Recordar	Entender / Conhecer	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento efetivo / factual						
Conhecimento conceitual						
Conhecimento procedimental / procedural						
Conhecimento <u>metacognitivo</u>						

Fonte: Elaborado pelo autor.

5º encontro – nem todo circuito é curto

Objetivos:

1. Analisar as vantagens do trabalho em equipe, diferenciando os resultados individuais com os coletivos;
2. Analisar o pensamento de algoritmo e programação, comparando os resultados do programa deste encontro com os anteriores;
3. Entender a dinâmica do trabalho sobre pressão, ou seja, a corrida contra o tempo e sem erros possíveis, classificando os resultados obtidos por equipe;

Situação-problema:

Programar o robô para perfazer o circuito do apêndice D, saindo da linha de início, retornando no balão de retorno e voltando para a linha de início. Esta tarefa deveria ser realizada em grupo, promovendo assim uma discussão prévia entre eles para que decidissem em equipe qual seria a melhor estratégia utilizada para a complexa programação.

O pesquisador deixou a equipe trabalhar de forma livre, passando apenas

algumas orientações sobre as regras da situação-problema apresentada:

- 1- O robô não pode parar depois que entrar no circuito;
- 2- O robô não poderá tocar nas faixas de delimitação da pista durante a passagem em qualquer ponto do circuito, inclusive no balão de retorno;
- 3- O circuito deve ser realizado no menor tempo possível pelo robô;
- 4- O retorno do robô, no balão de retorno, deve seguir o sentido horário;
- 5- Na programação, deve-se utilizar a menor quantidade de comandos possíveis, deixando a programação o mais simples que conseguirem.

Quadro de desenvolvimento do aluno:

**Quadro 12 - Dimensões a serem observadas - 5º encontro**

Dimensão do Conhecimento	Dimensões dos processos cognitivos					
	Lembrar / Recordar	Entender / Conhecer	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento efetivo / factual						
Conhecimento conceitual						
Conhecimento procedimental / procedural						
Conhecimento metacognitivo						

Fonte: Elaborado pelo autor.

6º encontro – Trocando as rodas

Objetivos:

1. Avaliar a influência do tamanho das rodas no comportamento do robô, justificando a escolha da resposta dada no questionamento da atividade;
2. Entender os conceitos da Física básica como: velocidade angular e aceleração, interpretando os resultados da experimentação envolvida.

Situação-problema:

Os alunos deveriam responder a um questionamento inicial, feito em forma de pergunta para a turma: Se trocarem as rodas do robô por rodas maiores e executarem o mesmo programa existente no robô, o robô se deslocaria por uma distância maior ou menor? E sua velocidade seria maior ou menor? Após a resposta ser registrada, os alunos poderiam construir este conhecimento por meio da experimentação e voltar a responder a questão.

Quadro de desenvolvimento do aluno:

**Quadro 13 - Dimensões a serem observadas - 6º encontro**

Dimensão do Conhecimento	Dimensões dos processos cognitivos					
	Lembrar / Recordar	Entender / Conhecer	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento efetivo / factual						
Conhecimento conceitual						
Conhecimento procedimental / procedural						
Conhecimento metacognitivo						

Fonte: Elaborado pelo autor

7º encontro – A força circular está com vocês

Objetivos:

1. Entender os conceitos de velocidade angular e torque, explicando os resultados encontrados no experimento;
2. Analisar por meio da realização de cálculos mentais, as relações de engrenagens experimentadas, comparando as montagens alternadas.

Situação problema:

Os alunos deveriam alternar as engrenagens movida e motora e definir qual

a montagem possível, considerando uma engrenagem maior e outra menor, além de verificar com qual se obteria a maior velocidade e qual combinação se obteria o maior torque.

Quadro de desenvolvimento do aluno:

**Quadro 14 - Dimensões a serem observadas - 7º encontro**

Dimensão do Conhecimento	Dimensões dos processos cognitivos					
	Lembrar / Recordar	Entender / Conhecer	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento efetivo / factual						
Conhecimento conceitual						
Conhecimento procedimental / procedural						
Conhecimento <u>metacognitivo</u>						

Fonte: Elaborado pelo autor.

8º encontro – Das rodas para as rodas dentadas

Objetivos:

1. Conhecer os conceitos de força e atrito, interpretando os resultados vivenciados no encontro.

Situação-problema:

Em continuidade ao encontro anterior, utilizando-se das mesmas montagens dos mecanismos e relações de engrenagens, a situação-problema apresentada aos alunos neste encontro foi: Qual das montagens, em relação às engrenagens, permitirá ao robô rebocar a maior carga atrelada a ele?

Quadro de desenvolvimento do aluno:

**Quadro 15 - Dimensões a serem observadas - 8º encontro**

Dimensão do Conhecimento	Dimensões dos processos cognitivos					
	Lembrar / Recordar	Entender / Conhecer	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento efetivo / factual						
Conhecimento conceitual						
Conhecimento procedimental / procedural						
Conhecimento metacognitivo						

Fonte: Elaborado pelo autor.

9º encontro – Se adere, derrapa. Se é liso, patina!

Objetivos:

1. Aplicar os conceitos de força, atrito e torque, executando a tarefa proposta pela situação-problema.

Situação-problema:

Os alunos, com base no encontro anterior, deveriam alterar os materiais do piso por folhas de papel, tecido e outros materiais que pudessem demonstrar as diferenças do comportamento do robô ao transitar por esses materiais.

Quadro de desenvolvimento do aluno:

**Quadro 16 - Dimensões a serem observadas - 9º encontro**

Dimensão do Conhecimento	Dimensões dos processos cognitivos					
	Lembrar / Recordar	Entender / Conhecer	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento efetivo / factual						
Conhecimento conceitual						
Conhecimento procedimental / procedural						
Conhecimento metacognitivo						

Fonte: Elaborado pelo autor.

10º encontro – na crise, tire o “s” e crie

Objetivos:

1. Criar um robô, produzindo um dispositivo similar a partir de materiais recicláveis ou lixo eletrônico;
2. Avaliar o resultado do objetivo 1 apresentado, justificando a solução proposta e recomendando possíveis melhorias voltadas a sustentabilidade.

Situação-problema:

Os alunos deveriam criar um robô com materiais reciclados e fazê-lo percorrer o circuito montado.

Quadro de desenvolvimento do aluno:

**Quadro 17 - Dimensões a serem observadas - 10º encontro**

Dimensão do Conhecimento	Dimensões dos processos cognitivos					
	Lembrar / Recordar	Entender / Conhecer	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento efetivo / factual						
Conhecimento conceitual						
Conhecimento procedimental / procedural						
Conhecimento <u>metacognitivo</u>						

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.7 Dos instrumentos da coleta de dados

Segundo Gil (2008), todo procedimento de coleta de dados depende de uma hipótese previamente formulada.

Para esta pesquisa, com base nas hipóteses apresentadas anteriormente, escolheu-se os seguintes instrumentos para coleta de dados:

- Questionário prévio aos alunos, conforme apêndice A;
- Observações do pesquisador que serão registradas em diário de bordo;
- Filmagens com dispositivo móvel; e
- Entrevista com os alunos.

#### 4.8 Da análise dos dados

Segundo Moreira (2003), o pesquisador que realiza a investigação qualitativa, observa de forma participativa, presente no ambiente em estudo e imerso nos fenômenos de interesse. Por meio de anotações e registros de áudios e/ou vídeos que ocorrem neste ambiente, o pesquisador coleta documentos tais como os trabalhos realizados pelos alunos, desviando-se de uma amostra no sentido quantitativo e focando em “grupos ou indivíduos em particular, de casos específicos, procurando

escrutinar exaustivamente determinada instância tentando descobrir o que há de único nela e o que pode ser generalizado a situações similares” (MOREIRA, 2003, p. 24).

Assim, o pesquisador qualitativo também transforma dados, usando da Estatística predominantemente descritiva, podendo eventualmente, fazer uso de sumários, classificações e tabelas. Seu enfoque é feito de forma descritiva e interpretativa, em detrimento do enfoque explanatório ou preditivo. A interpretação dos dados é a base da análise, sob o ponto de vista de significados tanto para o pesquisador quanto para os sujeitos da pesquisa.

Naturalmente, a análise interpretativa dos dados gera asserções de conhecimento, as quais o pesquisador torna públicas sob a forma de um relatório ou artigo de pesquisa. Nessa etapa assume grande importância outra faceta da pesquisa qualitativa: a narrativa. Ao invés de usar gráficos, coeficientes, tabelas estatísticas para apresentar resultados e asserções de conhecimento, o pesquisador interpretativo narra o que fez e sua narrativa concentra-se não nos procedimentos, mas nos resultados. Suas asserções dependem de sua interpretação e só terão validade para o leitor (que pode ser um colega pesquisador, um professor, um administrador, o próprio sujeito da pesquisa) na medida em que este concordar com essa interpretação. Para isso, o pesquisador enriquece sua narrativa com trechos de entrevistas, excertos de suas anotações, vinhetas, exemplos de trabalhos de alunos, entremeados de comentários interpretativos procurando persuadir o leitor, buscando apresentar evidências que suportem sua interpretação e, ao mesmo tempo, permitam ao leitor fazer julgamentos de modo a concordar ou não com as asserções interpretativas do pesquisador (MOREIRA, 2003, p. 24–25).

Nas últimas décadas, grande parte das pesquisas em ensino de Ciências, por exemplo, situou-se na área de concepções alternativas, chamadas inicialmente de espontâneas ou intuitivas. Nestes casos, a coleta de dados era feita por meio de grupos focais, gravados em vídeos aos quais o pesquisador adiciona seus comentários interpretativos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo foi tratada a análise dos dados obtidos ao longo desta pesquisa, coletados durante as oficinas no Colégio Universitário da USCS.

Para organizar o capítulo a partir dos objetivos específicos desta pesquisa, efetuou-se a divisão deste em três categorias:

- Conhecimento prévio dos conceitos de Física pelos alunos;
- As concepções desenvolvidas pelos alunos sobre a disciplina de Física;
- Contribuições da Robótica Educacional como ferramenta didática ao docente do ensino médio, para a disciplina de Física.

### 5.1 Categoria 1 – Conhecimento prévio dos conceitos de Física pelos alunos

Esta primeira categoria visou responder ao primeiro objetivo específico desta pesquisa, que foi o de verificar e analisar o conhecimento prévio dos alunos sobre os conceitos da Física básica. Para tanto, foram utilizados os dados obtidos no questionário inicial, aplicados na primeira oficina, conforme apêndice A deste trabalho.

A finalidade deste levantamento de dados foi compreender qual a concepção dos alunos participantes da pesquisa sobre os conceitos de movimento, energia e da Física em si.

Por meio da análise das respostas obtidas foi possível verificar as dificuldades dos alunos com os conceitos dos conteúdos básicos da Física. Também foi possível verificar as deficiências oriundas do Ensino Fundamental em relação a esses conceitos, constantes nas recomendações de competências específicas de Ciências da Natureza para o ensino fundamental da BNCC:

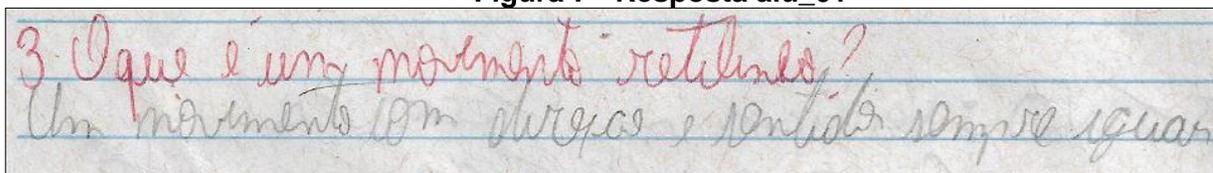
1. Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico.
2. Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
3. Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e

processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza (BRASIL, 2018a, p. 324).

É importante ressaltar que, visando preservar as identidades dos alunos participantes durante a análise deste instrumento, utilizou-se a identificação alu\_01 a alu\_05. As questões respondidas pelos alunos, que foram objeto de estudo para esta análise, foram: O que é um movimento retilíneo?; O que é energia?; O que é velocidade?; O que é potência?; O que é aceleração?; O que é gravidade?; O que é unidade de medida? e O que você entende por física?

A primeira pergunta questionava sobre o conhecimento dos alunos relacionado ao movimento. Na Física básica, a ciência que estuda o movimento é a mecânica, a qual se divide em duas partes: cinemática e dinâmica. O movimento consiste na mudança de posição de um corpo em relação ao tempo, dado um referencial adotado. Observou-se, pelas respostas dos alunos que, em nenhuma delas houve o entendimento do significado de movimento, pois responderam à pergunta utilizando-se da mesma palavra nas respostas, ou seja, responderam movimento, deixando apenas para estratificar a pergunta por meio da segunda palavra “retilíneo”.

**Figura 7 - Resposta alu\_01**



Fonte: Do autor (2020)

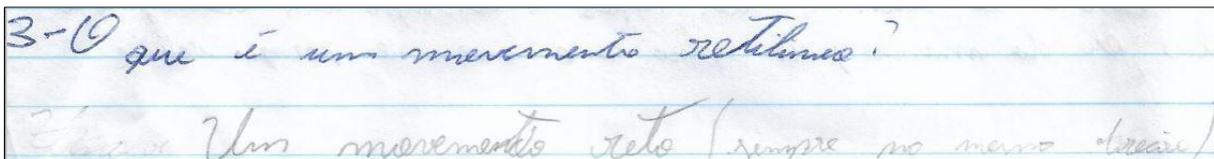
Observou-se que o aluno não trouxe, em sua resposta, a concepção da palavra movimento. Na resposta, percebe-se que o foco do aluno quanto à pergunta foi na palavra retilíneo, respondendo sobre os conceitos de direção e sentido, que nos remete a uma visão vetorial, mais voltada para a geometria do que para a Física. A palavra movimento não foi explorada pelo aluno em seu significado, trazendo-a em sua resposta, levando-nos a hipótese de uma provável lacuna oriunda do Ensino Fundamental, inclusive no desenvolvimento esperado para as habilidades de Matemática do 2º ano, a saber:

(EF02MA12) Identificar e registrar, em linguagem verbal ou não verbal, a localização e os deslocamentos de pessoas e de objetos no espaço, considerando mais de um ponto de referência, e indicar as mudanças de direção e de sentido (BRASIL, 2018a, p. 283).

Percebeu-se que o conteúdo de direção e sentido foram desenvolvidos, em detrimento ao conteúdo de deslocamento de pessoas e objetos no espaço, ressaltando assim o estudo de Garcia *et al.*, sobre a suspeita de que os alunos criam um imaginário em suas mentes, acreditando que a disciplina de Matemática é mais importante do que a de Física (GARCIA *et al.*, 2017).

O mesmo resultado foi observado para o alu\_02, que também trouxe em sua resposta sobre a pergunta do que seria um movimento retilíneo a repetição da palavra movimento, respondendo a pergunta que o movimento retilíneo é um movimento reto, sempre na mesma direção.

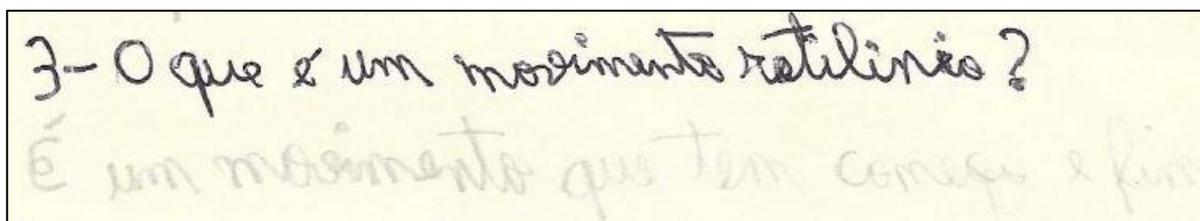
**Figura 8 - Resposta alu\_02**



Fonte: Do autor (2020)

O alu\_02 reforçou a suspeita sobre o foco na palavra retilíneo, quando usou em sua resposta a palavra derivada reto, indicando os conceitos de direção, mas sem abordar os conceitos de sentido, como feito pelo alu\_01.

**Figura 9 - Resposta alu\_03**



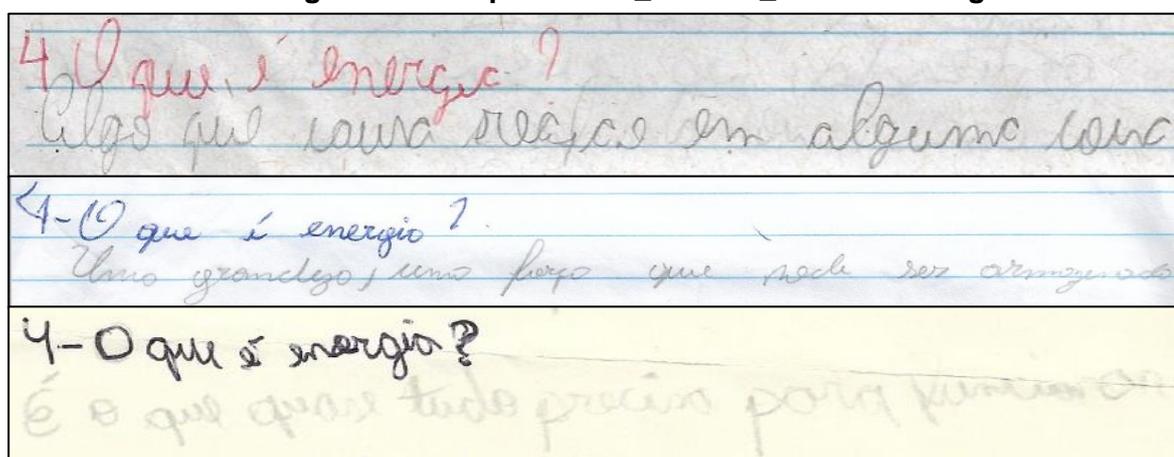
Fonte: Do autor (2020)

Seguindo, o alu\_03 também usou a palavra movimento em sua resposta, deixando assim de explorá-la. Sua indicação na resposta de começo e fim sugeriu uma mistura de conceitos matemáticos, como a reta na geometria da qual a

concepção matemática traz que essa seja infinita, como da própria Física, onde um corpo em movimento, desprezando as forças de atrito, permaneceria em movimento contínuo infinitamente (ARAUJO, 2013).

A próxima pergunta buscou entender a concepção de um dos conceitos essenciais da Física, a energia. Esta grandeza física que se conserva, ou seja, não se altera em termos de quantidade, indica a capacidade de realizar um trabalho e, na natureza, apresenta-se em cinco tipos: mecânica, térmica, elétrica, química e radiante. Estas podem ser intercambiáveis entre si, transformando-se umas nas outras.

**Figura 10 - Respostas alu\_01 a alu\_03 sobre energia**



Fonte: Do autor (2020)

Nas respostas dos alunos, percebeu-se que o conceito não é entendido em sua totalidade. O alu\_01 indica que a energia é algo que causa reação em alguma coisa, demonstrando por meio das palavras “algo” e “alguma coisa” uma subjetividade em sua concepção causada, provavelmente, por um vazio do nível de cognição conforme apontado no estudo de Silva e Martins (2014). A ideia de causar reação em alguma coisa sugere que o foco deste aluno sobre o conceito de energia está atrelado à 3ª Lei de Newton, que afirma que toda ação corresponde a uma reação de igual intensidade e direção, mas que atua no sentido contrário.

Deste modo, entendeu-se que os conceitos de força e energia são, provavelmente, confundidos entre si. Apesar da energia não ter uma definição, como escrito anteriormente, ela permite a realização de um trabalho e este trabalho pode ser entendido como a transferência de energia de um corpo para outro, por meio da força, resultado da interação entre estes corpos. Esta provável confusão pode ser

caracterizada pelo processo denominado por Piaget de acomodação, pois

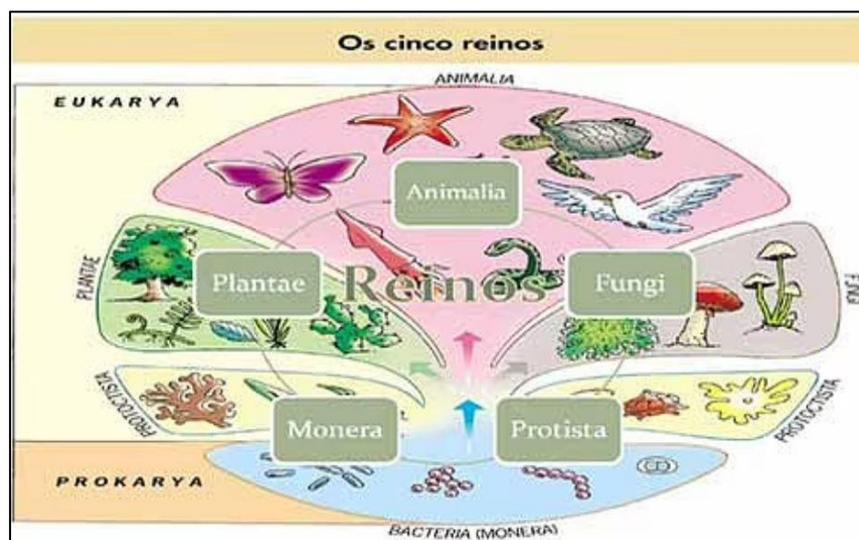
[ ]...a acomodação aparece no momento em que a criança não consegue assimilar a nova informação, pois não existe uma estrutura cognitiva que possa assimilar a nova informação em função das particularidades desta nova informação. Sendo assim, ou cria um novo esquema ou modifica um esquema existente. Ambos resultam em uma mudança na estrutura cognitiva (CAMPOS, 2011, p. 82).

Esta mesma divergência entre os conceitos de força e energia foi percebida na resposta do alu\_02, que apesar de reconhecer a energia como uma grandeza, nomeia a energia como uma força, indicando ainda que esta pode ser armazenada, o que sugere apresentar o foco na energia elétrica, desconsiderando a Lei de Lavoisier, enunciada pela famosa frase: “Na natureza, nada se cria e nada se perde, tudo se transforma”.

O desenvolvimento da habilidade de transformação de energia está previsto na unidade temática de matéria e energia, pela BNCC (BRASIL, 2018a, p. 348).

Este similar provável conflito entre as definições conceituais de energia foi percebido na resposta do alu\_03, que define a energia como sendo aquilo que quase tudo precisa para funcionar. Se o aluno não tivesse usado a palavra “quase”, certamente seria a melhor resposta dada para esta definição, pois se pensarmos, por exemplo, no sol como fonte de energia radiante, poderemos facilmente concluir que sem esta fonte de energia o planeta Terra não apresentaria condições de existência de nenhum dos cinco reinos dos seres vivos.

**Figura 11 – Os cinco reinos dos seres vivos**



Fonte: <https://planetabiologia.com/os-cinco-reinos-dos-seres-vivos/> (Acesso em 02/11/2020)

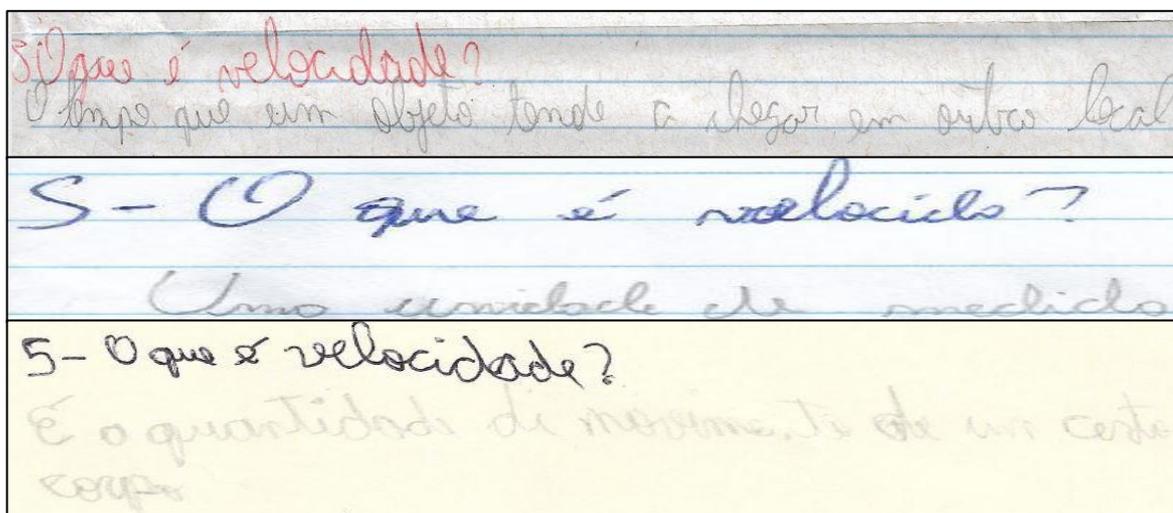
Deste modo, supõe-se que o alu\_03 também apresentou dificuldade na definição do conceito de energia na disciplina de Física, aparentemente por estar relacionando, assim como o alu\_02, a energia elétrica como principal fonte de energia em detrimento das demais.

Seguindo a análise, a próxima pergunta referiu-se ao conceito de velocidade. Esta grandeza mede a relação entre o deslocamento de um corpo em função do tempo. Quanto menor o tempo que o corpo usa para percorrer um determinado percurso, maior será sua velocidade.

No Sistema Internacional (SI), a unidade de medida para a velocidade é o metro por segundo (m/s). A partir daí, tendo em vista que os alunos possuem como referência de velocidade os veículos e que estes apresentam o velocímetro em quilômetros por hora (Km/h), faz-se importante o conhecimento da forma de conversão dos valores, conforme:

$1\text{Km/h} = 1000\text{m}/3600\text{s}$ , ou seja,  $1\text{Km/h} = 1\text{m} / 3,6\text{s}$  que de forma equivalente:  
 $1\text{m/s} = 3,6\text{ Km/h}$ .

#### Figuras 12 - Respostas alu\_01 a alu\_03 sobre velocidade



Fonte: Do autor (2020)

O alu\_01 demonstrou em sua resposta sobre o que é a velocidade que conhece o conceito básico de tempo e distância, respondendo, de sua maneira, que a velocidade é o tempo que um objeto tende a chegar em outro local. Presumiu-se que o aluno tenha o objeto como referência a ser medido em relação ao tempo que este

levará para chegar em outro local, que, por sua vez, encontra-se a uma determinada distância de um ponto inicial.

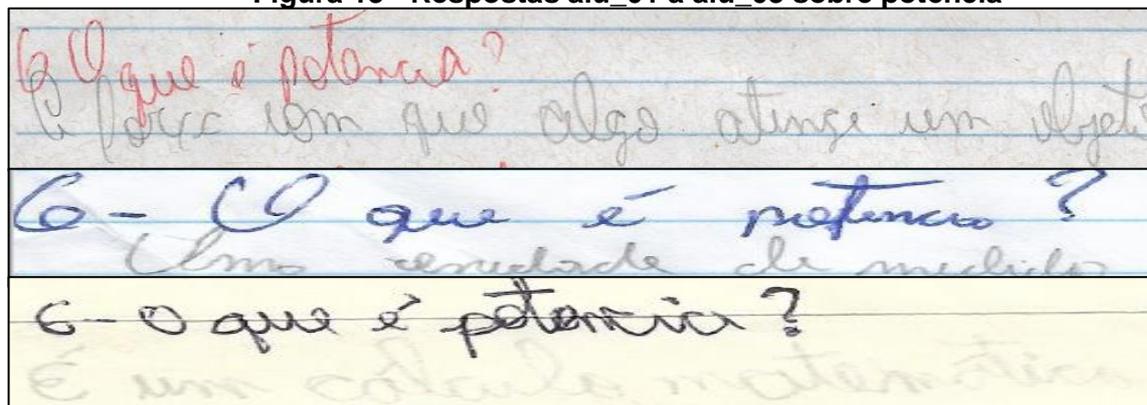
Esta resposta revela uma harmonia com o que é sugerido pela BNCC sobre as habilidades a serem desenvolvidas no ensino da Matemática do 9º ano do Ensino Fundamental, que busca “resolver problemas que envolvam a razão entre duas grandezas de espécies diferentes, como velocidade e...” (BRASIL, 2018a, p. 317).

O alu\_02, em sua resposta generalista, demonstra não ter se apropriado dos conceitos de velocidade. É provável que, diante da subjetividade da resposta, informando apenas que a velocidade é uma unidade de medida, o aluno preferiu responder de forma evasiva do que ter que deixar a pergunta em branco, pois foi dada uma orientação inicial de que eles poderiam escrever da maneira deles e da forma com que eles entendessem a questão, sem se preocuparem com respostas erradas, pois a ideia era justamente a de identificar o nível de conhecimento da sala para facilitar o planejamento das atividades.

Já o alu\_03, ao responder que a velocidade é a quantidade de movimento de um certo corpo, demonstrou ignorar a relação do movimento quanto ao tempo, trazendo a palavra quantidade, o que sugere uma confusão entre os conceitos de energia e movimento, ao desprezar os conceitos de tempo e distância.

Na próxima pergunta, sobre o que é potência no entendimento dos alunos, fica perceptível a ausência da definição deste conceito nas respostas dos participantes. Em Física, a potência é a grandeza que determina a quantidade de energia concedida por uma fonte, ou consumida, em função do tempo. Utilizando-se da definição já apresentada de energia, podemos definir também a potência como a medida da taxa na qual realiza-se trabalho.

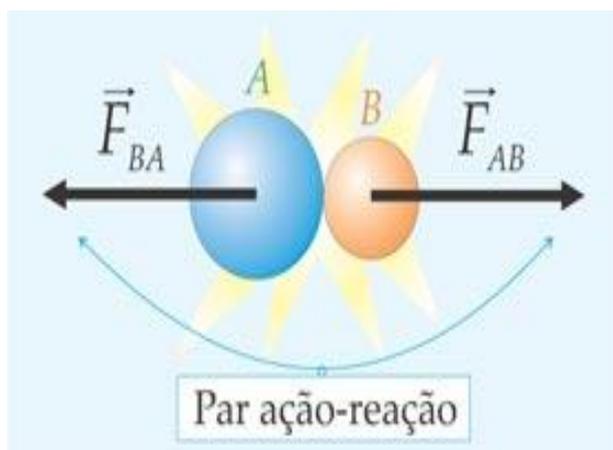
**Figura 13 - Respostas alu\_01 a alu\_03 sobre potência**



Fonte: Do autor (2020)

Nota-se na resposta do alu\_01 a presença do conceito de força, correlacionando esta com um impacto a um objeto, sugerindo um provável conceito mental oriundo da terceira lei de Newton:

**Figura 14 - Terceira Lei de Newton**



Fonte: <https://interna.coceducacao.com.br/ebook/pages/4407.htm> (Acesso em 02/11/2020)

Ressalta-se aqui o estudo indicado anteriormente de Borges (2006b), que aponta a prática docente que enfatiza a memorização de exercícios prontos e repetitivos constantes nos livros textos.

Os conceitos de energia e trabalho não foram abordados pelo aluno em sua resposta, possivelmente pelo fato de o aluno não correlacionar a potência com energia e sim com a força de impacto gerado entre objetos.

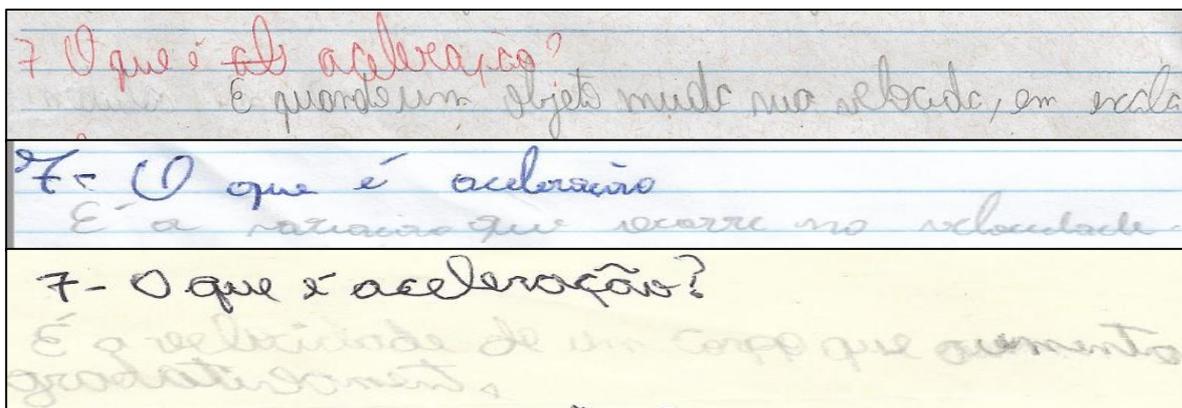
O alu\_02 utilizou-se da mesma resposta da pergunta anterior, respondendo que potência é uma unidade de medida, onde a análise provável desta resposta assemelha-se à análise antecessora: o aluno esvaiu-se da questão, preferindo uma resposta padrão que demonstra uma rasa concepção das grandezas perguntadas.

A resposta do alu\_03 demonstra a correlação feita pelo aluno com os cálculos matemáticos, ao afirmar que potência faz parte desses cálculos. As concepções de energia, trabalho e tempo também deixaram de ser apontadas, pela valorização do cálculo e da Matemática em detrimento destas grandezas.

Dando continuidade à análise, a próxima pergunta referiu-se ao conceito de aceleração. Esta grandeza vetorial relaciona a variação da velocidade em relação ao

tempo e a unidade de medida no SI é o metro por segundo ao quadrado ( $m/s^2$ ).

**Figura 15 - Respostas alu\_01 a alu\_03 sobre aceleração**



Fonte: Do autor (2020)

Nas respostas analisadas, foi possível perceber que os alunos apresentaram conhecer os conceitos desta grandeza. Os três alunos usaram, em suas respostas, as palavras velocidade e indicaram a variação que esta está sujeita.

O alu\_01 indicou que a velocidade muda de forma escalar, o alu\_02 indicou que a velocidade sofre uma variação e o alu\_03 indicou o aumento da velocidade de forma gradativa.

Dentre todas as grandezas analisadas até agora, supôs-se que esta seria a que apresenta a maior potencialidade de experimentação pelos alunos sobre as demais.

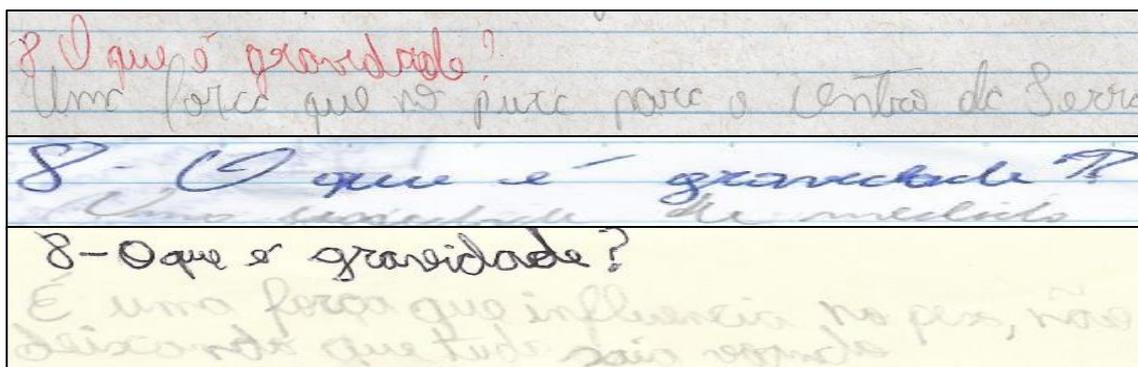
Segundo Krause e Scheid (2018), estas concepções intuitivas ou espontâneas, também conhecidas como Concepções Alternativas (CAs), são trazidas pelos alunos para a sala de aula, explicando assim grande parte dos fenômenos que os cercam, fazendo parte do seu conhecimento.

Uma simples brincadeira de apostar corrida de bicicleta, ou de carrinho por controle, por exemplo, permite aos alunos adquirirem a concepção da aceleração pela experimentação, pois se entende que quem acelerar mais vence a corrida, em detrimento de quem apresentou a menor aceleração.

A próxima pergunta buscou entender a concepção dos alunos sobre a gravidade. Na mecânica, a gravidade é a força de atração que surge entre dois corpos, estando eles presentes em um ponto do espaço. Esta grandeza é responsável por

definir o peso de um corpo, ou seja, a força vertical para baixo que nos mantém unidos ao planeta. Quando temos um objeto em queda livre, este está sob influência da aceleração da gravidade, que na Terra equivale a  $9,8 \text{ m/s}^2$  aproximadamente. Este valor depende da massa e do tamanho de cada planeta.

**Figura 16 - Respostas alu\_01 a alu\_03 sobre gravidade**



Fonte: Do autor (2020)

Notou-se que o alu\_01 demonstrou conhecimento deste conceito, classificando inclusive como força e indicando sua direção e sentido, ao responder que é a força que puxa para o centro da Terra.

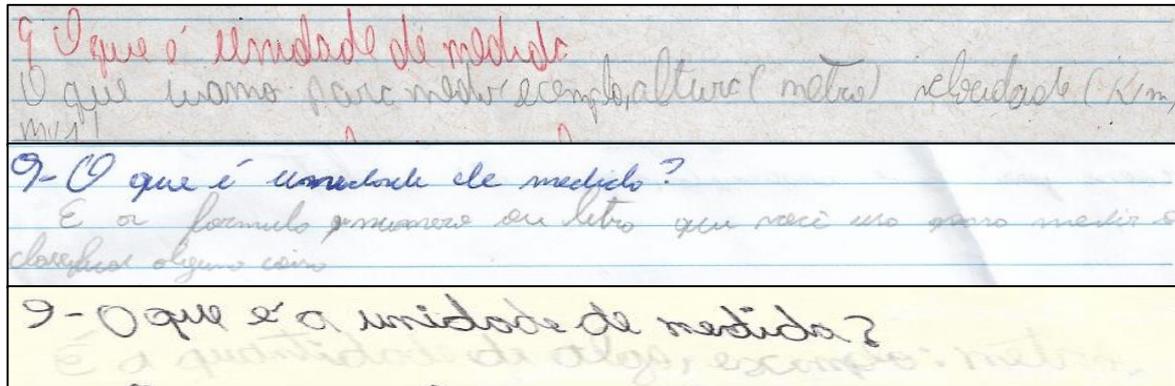
O alu\_03 também apresentou em sua resposta a classificação de força e massa, respondendo que a gravidade é uma força que influencia no peso e também demonstrou ter uma concepção de espaço ao complementar em sua resposta que esta força não deixa que tudo saia voando, sugerindo que no espaço os corpos não estão sujeitos a esta força e por isso poderiam sair voando. Esta concepção, de que no espaço não há gravidade, é um grande erro de conceituação que cria um paradigma comum para os alunos. Todo corpo no universo está sujeito à gravidade.

Já o alu\_02 tornou a utilizar a mesma resposta evasiva que utilizou nas questões anteriores, indicando que a gravidade seria uma unidade de medida.

Em uma feliz coincidência do questionário, pois ele foi apresentado de uma única vez, e também foi recolhido já com todas as respostas preenchidas, a questão seguinte foi justamente questionar o que os alunos entendiam por unidade de medida, promovendo assim, para o alu\_02, que estava utilizando a unidade de medida como resposta para as questões, uma reflexão sobre a questão, ou seja, ele não mais poderia utilizar a resposta padrão que estava utilizando até então, pois esta passou a

ser justamente a pergunta.

**Figura 17 - Respostas alu\_01 a alu\_03 sobre unidade de medida**



Fonte: Do autor (2020)

A unidade de medida é uma representação das grandezas físicas utilizada em diversas áreas do conhecimento para quantificar uma matéria, uma sensação, o tamanho de algo ou o tempo, por exemplo. O significado de medida e unidade de medida faz parte dos objetos de conhecimento da unidade temática de grandezas e medidas, da BNCC, para o 3º ano em Matemática, que busca desenvolver as habilidades:

(EF03MA17) Reconhecer que o resultado de uma medida depende da unidade de medida utilizada.

(EF03MA18) Escolher a unidade de medida e o instrumento mais apropriado para medições de comprimento, tempo e capacidade.

(EF03MA19) Estimar, medir e comparar comprimentos, utilizando unidades de medida não padronizadas e padronizadas mais usuais (metro, centímetro e milímetro) e diversos instrumentos de medida (BRASIL, 2018a, p. 289).

É possível perceber, por meio das respostas dos alunos, uma afinidade com as habilidades descritas.

O alu\_01, ao citar exemplos no final de sua resposta, demonstrando que entende do conteúdo, ainda indica unidades convertidas para velocidade, respondendo que a unidade para velocidade pode ser tanto em Km/h quanto em m/s.

O alu\_02, apesar de aparentemente confundir a unidade de medida com uma fórmula ou número, demonstra que conhece a utilização da unidade de medida, ao responder que serve para “classificar alguma coisa”. É provável que os cálculos matemáticos que se fazem geralmente necessários nas conversões de unidade de medida, tenham induzido o aluno a interpretá-la como uma fórmula, o que não

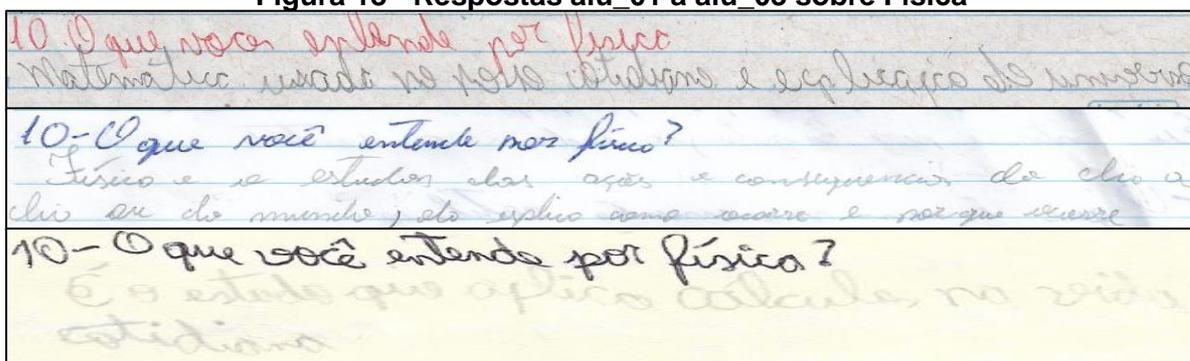
representa, neste caso, total desconhecimento do significado desta representação de grandeza.

De acordo com os PCN, em seu volume 3 – Matemática, que estabelece conteúdos conceituais e procedimentais, esta interpretação feita pelo aluno pode ter ocorrido justamente pelo atendimento ao item de Grandezas e Medidas: “Comparação de grandezas de mesma natureza, por meio de estratégias pessoais e uso de instrumentos de medida conhecidos — fita métrica, balança, recipientes de um litro, etc.” (BRASIL, 1997b, p. 52). Supôs-se que durante a experimentação para apropriação do conteúdo, o aluno teve que utilizar fórmulas de conversão, números e letras para esta classificação, ou durante o desenvolvimento de competências e habilidades esperadas em Física:

A Física expressa relações entre grandezas através de fórmulas, cujo significado pode também ser apresentado em gráficos. Utiliza medidas e dados, desenvolvendo uma maneira própria de lidar com os mesmos, através de tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Mas todas essas formas são apenas a expressão de um saber conceitual, cujo significado é mais abrangente. Assim, para dominar a linguagem da Física é necessário ser capaz de ler e traduzir uma forma de expressão em outra, discursiva, através de um gráfico ou de uma expressão matemática, aprendendo a escolher a linguagem mais adequada a cada caso (BRASIL, 1998b, p. 27).

O alu\_03, ao responder que a unidade de medida “é a quantidade de algo”, indica possuir a noção quantitativa oriunda da definição desta representação de grandeza. Ao citar o metro como exemplo, o aluno contextualiza sua resposta, mostrando afinidade tanto com a BNCC como com os PCN.

**Figura 18 - Respostas alu\_01 a alu\_03 sobre Física**



Fonte: Do autor (2020)

A última pergunta do questionário teve um propósito mais abrangente, buscando compreender a concepção dos alunos sobre a Física como Ciências. A pergunta foi “O que você entende por Física?” e as respostas trouxeram pontos importantes para reflexão. Segundo os PCN,

a Física é um conhecimento que permite elaborar modelos de evolução cósmica, investigar os mistérios do mundo submicroscópico, das partículas que compõem a matéria, ao mesmo tempo que permite desenvolver novas fontes de energia e criar novos materiais, produtos e tecnologias. Incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico, esse conhecimento tornou-se indispensável à formação da cidadania contemporânea. Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação (BRASIL, 1998b, p. 22).

O alu\_01 respondeu que a Física é a Matemática usada no nosso cotidiano e explicação do universo, demonstrando estar parcialmente em sintonia com a definição dos PCN, com exceção à definição de Física como sendo a “Matemática”. A causa provável de tal definição pode ser encontrada na pesquisa de Garcia *et al.*, (2017), que mostrou o impacto da influência da escola e dos professores na valorização das disciplinas de Matemática e Português, levando os alunos a considerarem estas disciplinas como as mais relevantes, em detrimento das demais disciplinas.

O alu\_02, ao responder que a Física é o estudo das ações e consequências do dia a dia ou do mundo, explicando como ocorre e porque ocorre, também demonstra estar alinhado com a definição da Física. Ele apresentou uma definição mais abrangente do que o alu\_01, tendo mencionado em sua resposta a palavra “mundo”. A resposta também trouxe, na nossa análise, a provável capacidade investigativa e interpretativa esperada pelos PCN, ao utilizar em sua resposta as palavras “como ocorre e porque ocorre”.

Já o alu\_03 responde que Física é o estudo que aplica cálculo na vida cotidiana, supostamente ratificando a pesquisa de Ataidés (2020), que aponta o uso excessivo do livro texto, mecanizando a aprendizagem:

[ ]...assim como o livro de texto simboliza a autoridade máxima do conhecimento, o quadro-de-giz simboliza o ensino transmissivo, no qual a autoridade é o professor, que simplesmente repete, o que está no livro, ou resolve exercícios, para que os estudantes façam a cópia e posteriormente estudem para a prova e nela, repitam o que conseguem lembrar da aula do professor. Um processo repetido diariamente nem nossas escolas, que refletem claramente o processo de antiaprendizagem significativa, pouco crítica que denota de forma clara a aprendizagem mecânica (ATAIDES, 2020, p. 36).

A autora afirma que este processo de ensino-aprendizagem mecanizado é pautado na memorização e repetição das fórmulas e cálculos, dificultando assim ao educando a apropriação do conteúdo.

Por fim, ao realizar a análise dos dados desta categoria, utilizando-se do

questionário prévio aplicado, foi possível perceber a necessidade de ampliação do desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem de Ciências desde o Ensino Fundamental até o Ensino Médio. Os alunos apresentaram uma afinidade com a disciplina de Física, mas se percebeu a possibilidade de que o processo de ensino-aprendizagem atual esteja causando conflitos de definições, deixando-os confusos com algumas teorias, misturando os conteúdos analisados.

## **5.2 Categoria 2 – As concepções desenvolvidas pelos alunos sobre a disciplina de Física**

Nesta seção, o objetivo foi conhecer as concepções que foram desenvolvidas pelos alunos sobre os conteúdos básicos da disciplina de Física por meio das oficinas.

Utilizando-se dos registros fotográficos, das gravações audiovisuais e das observações como pesquisador durante as intervenções, buscou-se entender a base de conhecimento dos alunos antes da oficina e se houve uma construção deste conhecimento após as atividades experimentais apoiadas na Robótica Pedagógica como contribuição do entendimento sobre os conceitos abordados da Física.

A análise dividiu-se por encontro, para facilitar o entendimento baseado em cada conteúdo que foi planejado nas etapas.

No primeiro encontro, apesar do conteúdo principal abordado ter sido o inventário, como forma de integração entre os alunos (que eram de salas distintas e ainda não se conheciam), o tema não se afastou dos PCN, que incentiva a rediscussão de qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão de mundo, objetivando assim uma formação para a cidadania mais adequada.

Não se trata, portanto, da elaboração de novos conteúdos

[...]mas também dos princípios gerais que permitem generalizar todas essas compreensões. Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado. Para isso, é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. Esse deve ser o ponto de partida e, de certa forma, também o ponto de chegada (BRASIL, 1998b, p. 23).

Assim, entende-se que nenhum conhecimento é perdido. Além de ter sido uma atividade integradora, notou-se que os alunos desconheciam o significado de um inventário e que construíram este conhecimento após a prática, movidos pela curiosidade imposta pelo problema apresentado na oficina.

Esta atuação também se alinhou com as finalidades do Ensino Médio, estabelecida pela LDB, em seu Art. 35:

I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico (BRASIL, 1996, p. 13).

Os alunos, com a utilização do computador, elaboraram uma planilha eletrônica relatoriando cada item do KIT de Robótica e suas respectivas quantidades e cores, encontrando divergências com o manual do KIT e discutindo entre eles os impactos que a falta de alguns itens poderiam gerar na futura construção do robô.

Desde modo, por meio da prática, o grupo pode perceber a importância do controle de itens que uma empresa, no caso a escola, tenha sobre seu patrimônio, preparando-os para o mercado de trabalho no qual esta atividade está presente.

**Figura 19 - Realização do inventário**



Fonte: Do autor (2020)

O segundo encontro buscou apresentar para os alunos os conceitos de unidade de medida, a interpretação das conversões de velocidade baseado no espaço e tempo e o pensamento algoritmo por meio da programação direta do robô, ou seja, a programação no módulo de programação do EV3.

A atividade proposta também estava alinhada com a seguinte habilidade da BNCC:

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica (BRASIL, 2018a, p. 559).

O ponto interessante observado neste encontro foi o fato da fita métrica, instrumento de medição utilizado para a construção da linha reta que o robô deveria percorrer, apresentava as medidas em milímetros e polegadas, provocando assim a primeira discussão entre os alunos sobre as unidades de medida.

**Figura- 20 - Construção da linha reta**



Fonte: Do autor (2020)

Com esta discussão, os alunos vivenciaram na prática a importância de se adotar as unidades de medida corretamente, que foi reforçada pelo erro cometido de um dos alunos que ficou responsável pela demarcação da distância da linha que foi

feita utilizando a escala em metros. Ao programar o robô com estas medidas de referência, houve uma grande diferença entre os valores programados para a distância a ser percorrida e a distância efetiva percorrida pelo robô.

Na primeira programação, o aluno responsável utilizou o valor anotado no final da linha que era o ponto estipulado para o robô parar após percorrer a distância desde o início da mesma. A linha apresentava uma distância de 2 metros de comprimento e a marcação indicava o número 2. Ao ser transferido este valor para o módulo de programação, o robô praticamente não se movimentou, ligando e desligando, confundindo os alunos sobre os possíveis problemas de bateria, conexão de cabos, mau contato ou até mesmo ser o módulo que estava com defeito.

A postura do autor nesta ocasião, conhecendo que o módulo utilizava a escala em milímetros e que por este fato o robô andou somente os 2 milímetros como programado, foi a de fomentar a discussão, buscando a construção do conhecimento.

Após a discussão em grupo e a busca pela provável causa, um dos alunos sugeriu realizar uma nova programação. Este segundo aluno, ao chegar na fase da programação que necessitava da inclusão do valor de distância, questionou os demais sobre qual valor colocar, pergunta que fez o grupo refletir e buscar no manual qual era a unidade de medida padrão do módulo.

Percebendo o erro, a nova programação foi feita com o valor de 2.000, fazendo com que o robô percorresse os 2 metros corretamente, ou neste caso, 2.000 milímetros. Por meio da experimentação do erro, os alunos puderam perceber a importância do nosso sistema de unidades e os impactos existentes ao se ignorar este conceito.

Desta forma, os alunos puderam realizar os cálculos de velocidade e suas respectivas conversões entre unidades, iniciando em mm/s passando para m/s e depois em Km/h e contextualizaram, por meio da prática, a teoria de forma lúdica, que se destacou positivamente em relação ao quadro de giz e das figuras bidimensionais que são vistas em sala de aula.

**Figura 21 – Realização das marcações e programação direta no EV3**



Fonte: Do autor (2020)

Durante a realização da programação, observou-se que os alunos desenvolveram o pensamento algoritmo, por meio da ordem de execução necessária para que cada comando executasse o objetivo estipulado.

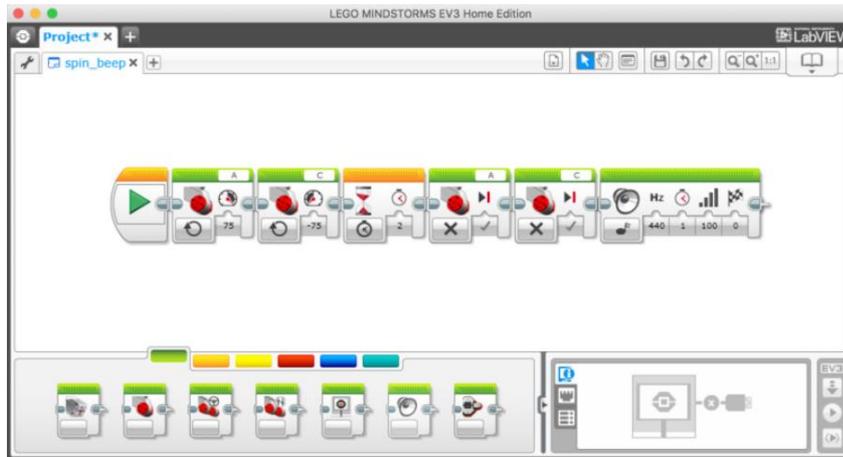
Este pensamento algoritmo foi explorado no encontro seguinte, aumentando o nível de complexidade do programa e utilizando o computador para realizar a programação.

O software da LEGO apresenta uma linguagem de programação similar ao Scratch<sup>4</sup>, que se utiliza de blocos lógicos para o desenvolvimento dos programas.

---

<sup>4</sup> Scratch é uma linguagem de programação criada em 2007 pelo Media Lab do MIT. Desde 2013 o Scratch está disponível on-line e como uma aplicação para Windows, OS X, e Linux. Visite: <https://scratch.mit.edu/> e conheça o projeto.

**Figura 22 - Software de Programação da LEGO**



Fonte: Disponível em <https://www.gratispng.com/png-5hq8g7/> (Acesso em 08/11/2020)

Esta forma lúdica de programação apresentou resultados inesperados pelo autor, pois os alunos não precisaram de orientação alguma para realizarem esta atividade, conforme extratos com diálogos entre o pesquisador (P) e os alunos (A), que servem de exemplo para ancorar esta análise:

P – *a\_01, o que você achou da aula de hoje?*

A – *Ah...acho que foi bem produtivo. A gente aprendeu a como programar o carrinho para seguir o circuito.*

P – *Você já tinha mexido com programação antes?*

A – *De carrinho não.*

P – *Desse sistema que você fez hoje?*

A – *Não!*

P – *Você já tinha tido algum contato com esse módulo aí antes?*

A – *Não!*

P – *Eu precisei te dar alguma orientação de como você fazer a programação?*

A – *Não!*

P - *E como é que você conseguiu chegar na conclusão do circuito sozinho?*

A – *É....testando!*

P - *Você teve alguma dificuldade no experimento?*

A - *Ah... no começo eu não sabia como dar a curva, aí eu fiquei um certo tempo tentando achar.*

P – *Valeu então! Obrigado a\_01!*

(0:56s). Alu\_01

O alu\_01 demonstra que as suas dificuldades foram superadas por meio da experimentação. Para cada erro que o aluno cometia na programação para que o robô realizasse a curva corretamente no circuito, este se apropriava de um conceito. Após repetidos erros, o aluno conseguiu chegar a um resultado satisfatório, concluindo o percurso e tornando-se um multiplicador de conceitos para os demais colegas durante a programação deles, ou seja, os erros que ele cometeu em sua experiência, ele apontava para os colegas, impedindo assim que eles cometessem o mesmo erro.

*P - O que que você achou da aula de hoje?*

*A - É... eu achei da hora né? Que a gente programou e foi meio difícil programar porque a gente não sabia direito como funcionava cada roda e teve que calcular certinho a rotação dela, eu achei interessante isso.*

*P - Você já tinha tido contato com esse programa via PC?*

*A - Não!*

*P - Sentiu alguma dificuldade em trabalhar com ele?*

*A - É... eu achei mais fácil do que trabalhar no robô mesmo, programar no robô porque no robô você é bem limitado o que você pode fazer, e já no PC você pode colocar os números mais quebrados e arrumar melhor.*

*P - OK. E o que você mais gostou da aula?*

*A - Ah...foi programar o robô pelo computador mesmo.*

*P - E o que você acha que poderia ser melhor?*

*A - Ah eu acho que a gente devia calcular um pouco mais pra mesmo se ele estar, ele começar meio errado na posição, ele conseguisse ajeitar depois.*

*P - Valeu alu\_02, obrigado!*

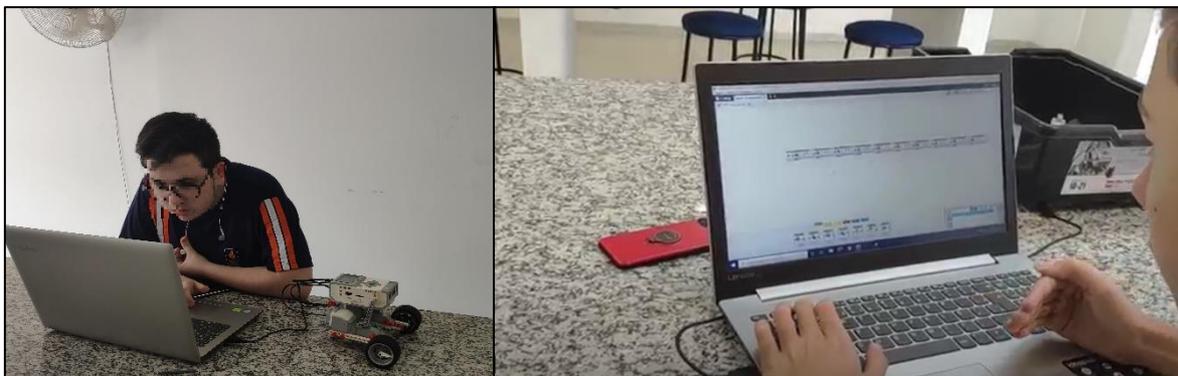
(0:59s). Alu\_02

O alu\_02 ressalta a facilidade de se trabalhar com a programação via computador em relação à programação direta no módulo do EV3. A dificuldade apontada pelo aluno não foi a programação em si, mas a realização de cálculos necessários para que os erros fossem eliminados. Neste ponto, uma observação se faz necessária: Os alunos preferiram o processo de erro e acerto para a programação do robô do que realizarem os cálculos teóricos antes da programação para que o robô

recebesse os comandos corretos de percurso que envolviam distância, velocidade, ângulo de curvas e tempo de acionamento dos motores.

O próprio aluno reconheceu, neste caso, que a equipe deveria calcular mais, ou seja, ter uma base teórica mais sólida antes da programação, ao invés de usar as diversas tentativas e erros como fonte de informação única da programação. O tempo gasto com as tentativas e erros foi muito maior do que se os alunos tivessem usado os cálculos teóricos preliminarmente à programação.

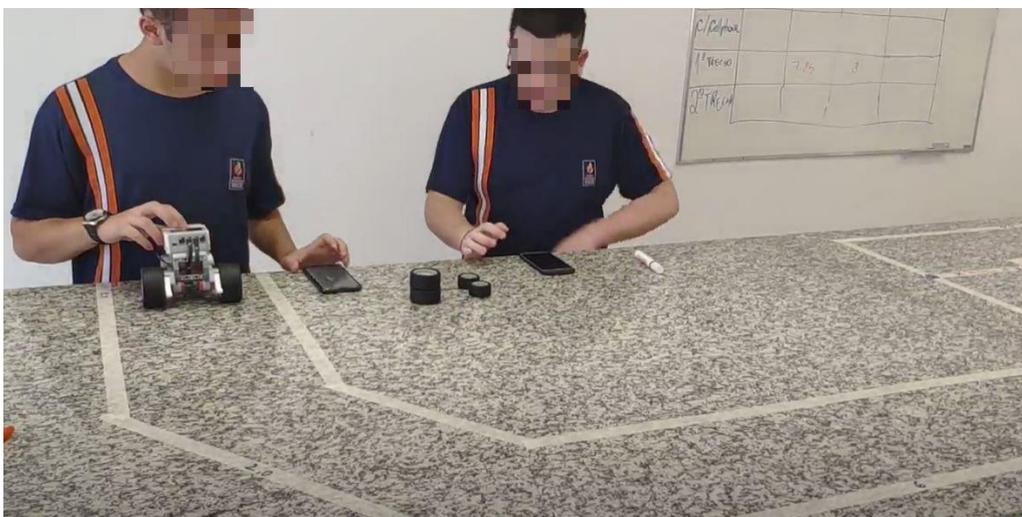
**Figura 23 - Alunos programando via computador**



Fonte: Do autor (2020)

Após as experimentações, na sequência dos encontros, a nova problematização apresentada aos alunos foi a realização do mesmo circuito por meio do celular. Os alunos, utilizando-se das tecnologias digitais móveis, vivenciaram as facilidades de conexão e interface entre o robô e os celulares, por conexão sem fio.

**Figura 24 - O uso do celular como facilitador do processo**



Fonte: Do autor (2020)

Foi observado a extrema facilidade com que os alunos realizaram a instalação do aplicativo da LEGO em seus celulares seguido da conexão com o robô.

O celular passou a funcionar como um controle remoto sem fio para o robô, permitindo aos alunos a realização do circuito de forma rápida e fácil, sem a necessidade de programação, atendendo à primeira competência específica da BNCC para Ciências da Natureza e suas tecnologias no Ensino Médio, a saber:

#### COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

Também é importante ressaltar que as diferentes habilidades relacionadas a esta competência podem ser desenvolvidas com o uso de dispositivos e aplicativos digitais, que facilitem e potencializem tanto análises e estimativas como a elaboração de representações, simulações e protótipos (BRASIL, 2018a, p. 554).

Um dos pontos principais da oficina, segundo as observações e extrato das entrevistas realizadas pelo autor foi o encontro “trocando as rodas”. Foi apresentada aos alunos a seguinte problemática: Com o robô programado para andar em linha reta, utilizando-se apenas do parâmetro tempo de acionamento do motor, induzindo a quantidade de voltas da roda limitada e inalterada, qual seria o resultado após a troca das rodas por rodas de diâmetros maiores? Vejamos:

*P – Se você trocar esta roda por uma roda maior, você acha que o robô vai andar uma distância maior ou menor?*

*A<sub>1</sub> – Eu acho que menos;*

*A<sub>2</sub> – Vai andar a mesma coisa;*

*A<sub>3</sub> - Só a roda vai mudar! Ela pode andar menos ou mais porque o motor vai dar uns 180 do mesmo jeito e aí a programação que interfere;*

*A<sub>4</sub> - Depende também porque se a programação for para 10 metros e tudo, ele vai continuar andando 10 metros.*

(0h:0m:15s à 0h:4m:17s). Alu\_01 ao alu\_04.

Notou-se que nenhum dos alunos responderam corretamente à questão, alinhando-se com as observações sobre os casos de fracasso na aprendizagem indicado pelas Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM), que aponta a ausência de instrumentos matemáticos para que os alunos possam compreender a Física:

Outro equívoco que reforça a falsa dissociação da Matemática na estruturação do conhecimento físico é a forma como se ensina. Na prática, é comum a resolução de problemas utilizando expressões matemáticas dos princípios físicos, sem argumentos que as relacionem aos fenômenos físicos e ao modelo utilizado. Isso se deve em parte ao fato já mencionado de que esses problemas são de tal modo idealizados que podem ser resolvidos com a mera aplicação de fórmulas, bastando ao aluno saber qual expressão usar e substituir os dados presentes no enunciado do problema. Essas práticas não asseguram a competência investigativa, visto que não promovem a reflexão e a construção do conhecimento. Ou seja, dessa forma ensina-se mal e aprende-se pior (BRASIL, 2006a, p. 54).

Este fracasso apontado na forma de ensinar pode ser percebido neste encontro, pois levando em conta que se os alunos entendessem a real utilização do perímetro, por exemplo, eles acertariam a resposta sem esforço algum, tendo em vista que, no Ensino Fundamental, esta habilidade é desenvolvida nas várias etapas da área de Matemática, a saber:

**Quadro 18 – Habilidades que contemplam o perímetro na BNCC**

<b>CÓDIGO</b>	<b>HABILIDADE</b>
(EF04MA20)	Medir e estimar comprimentos (incluindo perímetros), massas e capacidades, utilizando unidades de medida padronizadas mais usuais, valorizando e respeitando a cultura local.
(EF05MA20)	Concluir, por meio de investigações, que figuras de perímetros iguais podem ter áreas diferentes e que, também, figuras que têm a mesma área podem ter perímetros diferentes.
(EF06MA29)	Analisar e descrever mudanças que ocorrem no perímetro e na área de um quadrado ao se ampliarem ou reduzirem, igualmente, as medidas de seus lados, para compreender que o perímetro é proporcional à medida do lado, o que não ocorre com a área.
(EF09MA16)	Determinar o ponto médio de um segmento de reta e a distância entre dois pontos quaisquer, dadas as coordenadas desses pontos no plano cartesiano, sem o uso de fórmulas, e utilizar esse conhecimento para calcular, por exemplo,

	medidas de perímetros e áreas de figuras planas construídas no plano.
(EM13MAT201)	Propor ou participar de ações adequadas às demandas da região, preferencialmente para sua comunidade, envolvendo medições e cálculos de perímetro, de área, de volume, de capacidade ou de massa.
(EM13MAT506)	Representar graficamente a variação da área e do perímetro de um polígono regular quando os comprimentos de seus lados variam, analisando e classificando as funções envolvidas.

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de (BRASIL, 2018a, p. 293–545)

Deste modo, foi possível demonstrar a importância da experimentação para o processo de ensino aprendizagem, pois, como observado pelo autor, a apropriação dos alunos feita por meio das fórmulas prontas não reflete a utilização deste conceito para o meio social em que eles vivem.

Ao perguntar se eles conheciam a fórmula do perímetro do círculo, a resposta foi unânime:  $2 \cdot \pi \cdot r$ , ou seja, duas vezes o  $\pi$ , que é a relação entre o perímetro de uma circunferência e seu diâmetro, vezes 'o raio da circunferência'.

Assim, percebeu-se que os alunos apresentaram a memorização da fórmula, mas demonstraram desconhecer sua aplicação ou serventia para as problematizações cotidianas.

### **5.3 Categoria 3 - Contribuições da Robótica Educacional, como ferramenta didática ao docente do ensino médio, para a disciplina de Física**

Neste capítulo buscou-se, por meio dos experimentos vivenciados nas oficinas e das entrevistas realizadas com os alunos após as atividades, analisar as contribuições que o uso da Robótica Educacional trouxe aos alunos, sendo esta utilizada como recurso didático ao docente.

Apesar da potencialidade que a Robótica Educacional apresenta em relação à interdisciplinaridade, tratamos apenas aqueles conteúdos que possuíam correlação com os conceitos de Física Básica, a saber:

- Conceitos de posição e referencial;
- Conceitos de movimento e velocidade;
- Conceitos de força e atrito;

- Conceitos de relação de engrenagens;

### 5.3.1 – Conceitos de posição e referencial construídos

Os alunos, ao realizarem a construção da linha para o experimento com objetivo de fazer o robô andar por ela, reforçaram o conceito de referencial a ser adotado, pois além de criarem uma escala métrica, iniciou-se uma discussão sobre qual o local que seria definido como início e fim do percurso do robô.

Segundo a BNCC (2018), uma das habilidades a ser desenvolvida pelos alunos é a capacidade de descrever a localização de objetos no espaço segundo um dado ponto de referência, compreendendo que é necessário explicitar-se o referencial para utilização de termos que se referem à posição.

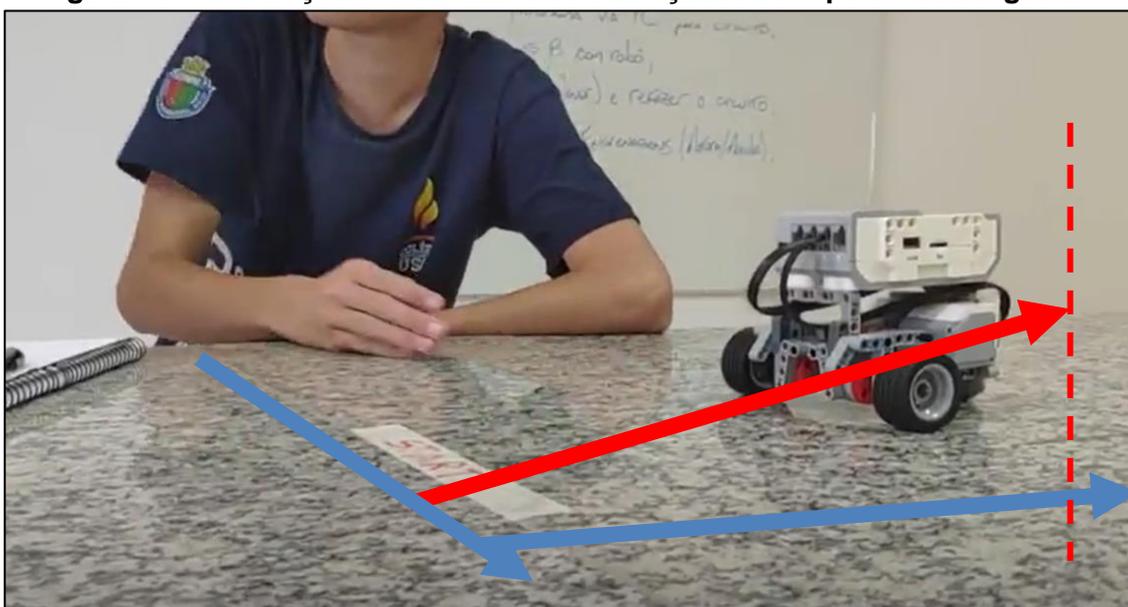
A partir da apropriação destes conceitos de posição e referência, surgiu uma problematização levantada pelos próprios alunos: Por que, estando o robô com a mesma configuração de montagem e programação, atingia uma distância maior com um aluno e menor com outro?

Diante desta pergunta, os alunos iniciaram uma discussão sobre a causa provável deste problema, o que reforçou ainda mais os conceitos de posição e referência: Os alunos perceberam que não bastava posicionar o robô exatamente na marca “início” para que o este, percorresse a distância programada. Eles notaram que era preciso garantir, utilizando-se das palavras deles, “o alinhamento” do robô, referindo-se à perpendicularidade do eixo de tração robô em relação à reta, praticando assim, a capacidade de

Descrever deslocamentos e localização de pessoas e de objetos no espaço, por meio de malhas quadriculadas e representações como desenhos, mapas, planta baixa e croquis, empregando termos como direita e esquerda, mudanças de direção e sentido, intersecção, transversais, paralelas e perpendiculares (BRASIL, 2018a, p. 293).

Assim, as noções de trigonometria também foram resgatadas como base teórica para a identificação e solução do problema encontrado pelos alunos.

**Figura 25 - Diferenças entre distâncias alcançadas com parâmetros iguais**



Fonte: Do autor (2020)

Na figura 25, a seta vermelha representa a direção e sentido do robô quando posicionado fora da perpendicularidade, como representa a seta azul. Neste exemplo, as duas setas apresentaram o mesmo comprimento, mas a seta azul se distanciou mais da linha de início do que a seta vermelha, demonstrando, dessa forma, para os alunos a importância da lei dos senos e cossenos.

### 5.3.2 – Conceitos de movimento e velocidade construídos

A análise de como a Robótica Educacional contribuiu para a construção dos conceitos de movimento e velocidade pelos alunos, baseou-se no experimento da troca das rodas. O alu\_01, ao trocar as rodas do robô por rodas de diâmetro maior, percebeu que o carrinho não só se deslocou a uma distância maior, mas também levou um tempo menor para esse deslocamento, ou seja, a velocidade do robô aumentou de maneira que todos os alunos presentes se espantaram com o resultado.

Notou-se que, apesar da pergunta prévia ao experimento ter sido relacionada apenas com a distância após a troca das rodas, os alunos ficaram surpreendidos com a velocidade do robô, resultante das rodas com perímetro maior.

A partir desta observação feita pelos alunos, o pesquisador propõe que eles fizessem o cálculo da velocidade em m/s e em Km/h com intuito de reforçar os conceitos teóricos do conteúdo por meio da prática.

Os alunos buscaram instrumentos como o cronômetro e a fita métrica para que fossem utilizados neste exercício, atendendo assim aos conhecimentos conceituais associados às temáticas que constituem a base investigativa e de análise e discussão de situações-problema, de acordo com a BNCC:

Os processos e práticas de investigação merecem também destaque especial nessa área. Portanto, a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área (BRASIL, 2018a, p. 550).

Este experimento, além de ressaltar a importância da ludicidade na construção dos conceitos teóricos para os alunos, reforçou também a teoria do construcionismo de Papert, que nos apresenta como eixo central esta condição de interação entre aluno e objeto por meio da construção do conhecimento baseada na realização de uma ação concreta e alinhada com a realidade na qual os aprendizes estão inseridos.

**Figura 26 - Marcadores de início e fim da tomada de tempo**



Fonte: Do autor (2020)

Na figura 26 observa-se os indicadores de referência de posição construídos

pelos alunos, que foram utilizados para a tomada de tempo da passagem do robô pelo início e fim.

### 5.3.3 – Conceitos de Força e Atrito construídos

Nesta seção buscou-se analisar as contribuições da Robótica para a construção dos conceitos de força e atrito pelos alunos.

Durante a realização da atividade que apresentava o desafio no qual o robô deveria rebocar a maior carga possível atrelada a ele, observou-se a potencialidade desta ferramenta. Os alunos iniciaram prendendo um cordão ao robô e fixando-o na caixa de componentes do KIT para a primeira experimentação.

Percebeu-se que com os erros, os alunos adquiriam um novo conceito de como não fazer, apropriando-se dos conceitos por meio da experimentação.

O primeiro erro foi o de prender o cordão no robô e na caixa com uma fita adesiva, que não foi suficiente para garantir a fixação, permitindo assim o desprendimento quando o robô foi acionado.

**Figura 27 - Robô rebocando caixa do KIT**



Fonte: Do autor (2020)

A cada erro vivenciado, os alunos discutiam entre si as possíveis causas e as soluções prováveis, de uma forma espontânea e participativa. Este exercício foi o que mais possibilitou o aprendizado pelos erros, diante da elevada quantidade de falhas, que obrigavam os alunos a realizarem uma nova tentativa com alguma proposta de solução que havia sido discutida entre eles.

O primeiro erro foi o desprendimento da fita adesiva que fixava o cordão usado como ligação entre a caixa do KIT e o robô, transformando o robô em um rebocador. Ao perceberem que o cordão se soltou do robô, iniciou-se uma discussão reflexiva e construtiva entre os alunos. Os alunos levantaram hipóteses das causas para depois partirem para a validação por meio da prática de cada uma delas, a saber:

1. A fixação foi feita com pouca fita adesiva, diminuindo assim a capacidade de aderência do sistema; ou
2. A velocidade de saída do robô estava muito rápida e possibilitava o colapso do sistema.
3. A caixa do KIT estava com um peso maior do que a capacidade do robô de puxar o conjunto.

Assim, os alunos partiram para a verificação de cada hipótese, com o intuito de validar ou invalidar cada uma delas.

Para a primeira hipótese, os alunos reforçaram a fixação do cordão ao corpo do robô, aumentando a área de contato adesivada, colando as fitas em pedaços paralelos. Após o reforço, os alunos perceberam que, ao ligar o robô, as fitas voltaram a se soltar, demonstrando assim que a fita, mesmo com o aumento da área adesivada, não apresentava um reforço suficiente para que o robô conseguisse puxar a caixa, direcionando os alunos para a testagem da segunda hipótese.

Os alunos, acreditando que a rápida arrancada do robô pudesse ser a causa do rompimento da fixação das fitas do corpo do mesmo, diminuíram por meio da programação a velocidade de saída, deixando o robô mais lento e apontando um outro importante conceito da Física Básica: a inércia, que é a propriedade de todo e qualquer corpo que faz com que ele permaneça parado ou em Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), exceto se alguma força atua sobre ele.

Mesmo com esta redução, um novo erro: o cordão continuou a se soltar, induzindo assim os alunos a testarem a terceira hipótese: o peso da caixa do KIT.

Os alunos retiraram, então, alguns componentes da caixa, deixando-a mais leve. Após esta terceira experimentação, o robô conseguiu puxar a caixa com sucesso, o que fez os alunos discutirem sobre os experimentos e se apropriarem da força e do atrito presenciados na oficina. À medida em que os alunos iam retirando peso da caixa, faziam novos testes e percebiam que as rodas do robô giravam em falso, ou seja, as rodas giravam, mas o robô não se deslocava. Isso demonstrando que não havia atrito suficiente entre a roda e o piso da bancada para fazer o robô rebocar a caixa.

Utilizando-se de outros materiais como piso para o robô, como tecido, madeira e isopor, os alunos perceberam as diferenças entre o comportamento do robô para cada um deles, apropriando-se dos conceitos de atrito por meio dos diferentes resultados observados, superando, deste modo, os livros didáticos disponíveis aos alunos do Ensino Médio, conforme apontado nos estudos de Caldas e Saltiel (1999):

Nenhum dos livros nunca menciona que o sentido da força de atrito é ligado ao movimento relativo de escorregamento das superfícies em contato e nem discute que esta força, eventualmente, pode ter o mesmo sentido do "movimento". Em todos os exemplos ou exercícios ilustrativos, os corpos sempre se movimentam em relação a uma superfície fixa: em todos os diagramas e representações de forças, a força de atrito cinética aparece sempre representada somente no objeto em estudo (nunca também sobre a superfície sobre a qual o objeto repousa) e, esta força única, evidentemente, tem sempre o sentido oposto ao movimento do objeto (CALDAS; SALTIEL, 1999, p. 543–544).

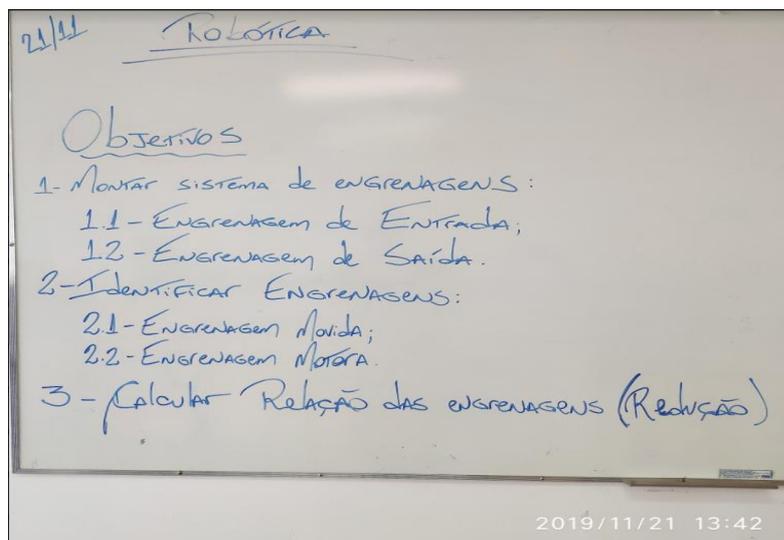
Desta forma, os livros analisados pela pesquisa destes autores não apresentam uma contribuição para a apropriação do conceito das forças de atrito, incluindo-se assim em uma das prováveis causas das lacunas existentes neste conteúdo da disciplina de Física que foi percebido antes da oficina.

#### **5.3.4 – Conceitos de relação de engrenagens construídos**

Utilizando-se também dos erros observados pelos alunos no experimento do reboque, uma nova problemática foi proposta aos aprendizes: fazer o robô puxar uma carga que ele não teria conseguido anteriormente, por meio da utilização de relação de engrenagens movidas e motoras.

Por ser um conteúdo de nível superior, geralmente das Engenharias, foi preciso uma breve introdução teórica para os alunos, apresentando os conceitos básicos de engrenagens.

**Figura 28 – Introdução teórica de engrenagens**

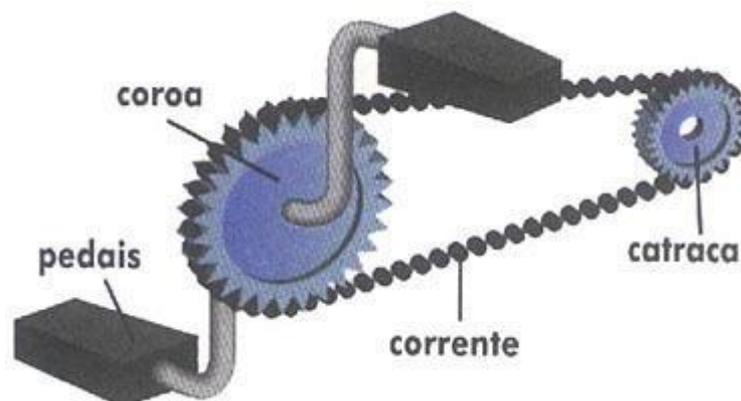


Fonte: Do autor (2020)

Aplicado os conceitos básicos de engrenagens aos alunos, eles passaram a construir a solução do problema apresentado.

Vale ressaltar que no levantamento prévio feito pelo autor, sobre o conhecimento que os alunos tinham sobre as engrenagens, a resposta foi unânime ao relacionar o sistema de engrenagens com o sistema de marchas de uma bicicleta. Eles entendiam que a catraca menor aumentava a velocidade, mas precisavam fazer muita força para pedalar, de maneira que não conseguiam usá-la em uma subida; por exemplo, e que a catraca maior permitia andar em subidas sem precisar fazer muita força nos pedais.

**Figura 29 - Conjunto de engrenagens de uma bicicleta**



Fonte: <https://luciana1206.wordpress.com/2009/04/17/ciencia-nas-pedaladas/> (Acesso em 15/11/2020)

Apesar da resposta ser unânime quanto ao exemplo de um sistema de engrenagens que os alunos deram, foi perguntado qual seria, no sistema da bicicleta com marchas indicado por eles, a engrenagem motora e a engrenagem movida? Percebeu-se que a pergunta causou certa confusão entre eles, reforçando assim a necessidade de uma abordagem teórica para antes de iniciarem com os experimentos.

Os alunos passaram então a montar engrenagens no eixo do motor do robô atreladas às engrenagens montadas nas rodas, entendendo assim que as engrenagens do motor eram as motoras e as engrenagens das rodas eram as movidas.

A partir dos experimentos, alterando os diâmetros das engrenagens motoras e movidas, os alunos começaram a se apropriar dos conceitos de velocidade angular, torque e multiplicação de forças, por meio das relações experimentadas.

Na análise, observou-se que o fato dos alunos terem superado o desafio proposto no início, de fazer o robô puxar uma carga maior com o uso das engrenagens, permitiu ao pesquisador a conclusão de que os alunos se apropriaram dos conceitos básicos apresentados.

## 6 PRODUTO

Atendendo à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio da Portaria Normativa N°17, de 28 de dezembro de 2009, que tem como objetivo regulamentar o mestrado profissional que deve:

- Estimular a formação de mestres profissionais habilitados para desenvolver atividades e trabalhos técnico-científicos em temas de interesse público;
- Identificar potencialidades para atuação local, regional, nacional e internacional por órgãos públicos e privados, empresas, cooperativas e organizações não-governamentais, individual ou coletivamente organizadas;
- Atender, particularmente nas áreas mais diretamente vinculadas ao mundo do trabalho e ao sistema produtivo, a demanda de profissionais altamente qualificados;
- Explorar áreas de demanda latente por formação de recursos humanos em cursos de pós-graduação *stricto sensu* com vistas ao desenvolvimento socioeconômico e cultural do país;
- Capacitar e treinar pesquisadores e profissionais destinados a aumentar o potencial interno de geração, difusão e utilização de conhecimentos científicos no processo produtivo de bens e serviços em consonância com a política industrial brasileira;
- Conhecer a natureza e especificidade do conhecimento científico e tecnológico a ser produzido e reproduzido; e
- Explorar a relevância social, científica e tecnológica dos processos de formação profissional avançada, bem como o necessário estreitamento das relações entre as universidades e o setor produtivo.

esta pesquisa apresenta como produto um aplicativo para *smartphones*, contendo simuladores de Física obtidos por meio de uma curadoria digital realizada na disciplina de Prototipagem e Desenvolvimento de Produtos Digitais.

A ideia inicial era a realização de um *ebook* como material didático, porém, ao verificar os impactos dos produtos segundo os Grupos de Trabalho da CAPES, optou-se pela criação do aplicativo por apresentar uma maior inovação, maior impacto e maior complexidade, permitindo assim uma maior pontuação nos critérios de avaliação.

Por meio de um grupo focal, com professores de Física do Ensino Médio, evidenciou-se que um aplicativo com simuladores seria a melhor opção de aplicativo, tendo em vista que os aplicativos disponíveis até então ofereciam a mesma forma didática da qual esta pesquisa criticou, ou seja, fórmulas prontas e exercícios feitos. Com a curadoria digital, foi possível verificar os simuladores da PhET, um projeto da Universidade do Colorado Boulder.

Para a criação do aplicativo, utilizou-se o *App Inventor 2*, que é uma ferramenta desenvolvida pelo Google e, atualmente, mantida pelo Instituto de Tecnologia de *Massachusetts* (MIT); que permite a criação de aplicativos para smartphones que rodam o sistema operacional Android, sem que seja necessário conhecimento em programação.

O aplicativo encontra-se hospedado e pronto para uso na galeria do MIT, no endereço: <https://gallery.appinventor.mit.edu/?galleryid=5471943723974656>.

Os testes com o aplicativo, envolveram professores de Física do Ensino Médio do SESI, do Colégio Universitário da USCS e do Colégio Interação de Santo André.

As devolutivas sobre a aplicabilidade do produto como ferramenta didática teve aprovação de forma unânime, principalmente pela capacidade de transformar os celulares dos alunos em ferramentas facilitadoras para o processo de ensino-aprendizagem, diferentemente épocas anteriores em que estes, os celulares, eram vistos como aparelhos distratores.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de todo o sofrimento que a pandemia do COVID-19 trouxe ao Brasil e ao mundo, ceifando milhares de vidas, as modificações culturais impostas aos brasileiros por meio do distanciamento social, permitiu à nossa sociedade a quebra de paradigmas que talvez levássemos anos para conseguir. E a inserção da tecnologia como ferramenta principal desta mudança comportamental dos brasileiros, foi amplificada exponencialmente por todo o país.

Não foi só nas indústrias que o uso das tecnologias da informação e comunicação (TICs) serviram de ferramenta para garantir a continuidade do trabalho produtivo no país, mas principalmente na área de Educação.

Não é o objetivo deste trabalho entrar na discussão sobre a efetividade ou não do processo de ensino-aprendizagem com esta mudança repentina com que estamos enfrentando a pandemia pelo uso da TICs na Educação, mas sim a de ressaltar que muitas escolas, professores, pais e alunos tiveram que se adaptar de forma rápida ao uso desta tecnologia, fazendo com que todos os envolvidos neste processo pudessem aprender e desenvolver estas habilidades que antes era vista de forma reativa por muitos, inclusive por nós, os professores.

Quartiero (2010), pesquisando sobre este tema, analisou 148 núcleos de tecnologia educacional (NTEs), representantes de 17 estados do país, percebeu que muitos professores se sentiam despreparados para utilizar estas tecnologias como ferramenta de trabalho.

Desta forma, esta mudança cultural imposta pelo distanciamento social provocou alterações nos processos educativos que permanecerão após esta pandemia. O uso do computador passou a ser ferramenta chave para as práticas docentes e os professores, provavelmente, perceberam que a rejeição por eles não cabe mais em suas rotinas de trabalho.

Com isto, a Robótica Educacional, tende a ganhar uma elevada aceitação por parte dos docentes que, além de reconhecerem as vantagens do uso desta como ferramenta didática, irão se tornar multiplicadores da ferramenta.

Ademais, com base na questão norteadora desta pesquisa que buscou compreender como a robótica pode potencializar o processo de ensino da Física no Ensino Médio, sendo utilizada como ferramenta didática ao docente, foi percebido que a robótica proporcionou aos alunos uma forma lúdica e diferenciada de se apropriarem

dos conceitos da Física nas situações reais do cotidiano deles.

Além de despertar o interesse dos alunos, foi observado que a robótica permitiu aos aprendizes adquirirem habilidades para explicar os fenômenos e reações por meio do entendimento construído durante as atividades realizadas na intervenção proposta.

Neste caso, a intervenção proposta por este trabalho desenvolveu tópicos de referencial, posição, velocidade, movimento, força, torque, atrito e relação de engrenagens, utilizando da taxonomia de Bloom como estrutura de organização hierárquica dos objetivos educacionais.

Com base nos resultados analisados e nas discussões oriundas das experimentações, foi percebido que os conceitos relacionados aos conteúdos da Física básica foram explorados e estudados com envolvimento diferenciado pelos alunos, quando comparado com a conduta deles em sala de aula. Outro ponto a se destacar foi o favorecimento que o ambiente das oficinas proporcionou aos alunos em relação ao trabalho de equipe, tomada de decisão e iniciativa (BIEHL, 2018).

Estratificando o objetivo geral, tivemos três objetivos específicos que foram tratados nesta pesquisa. O primeiro deles buscou verificar o conhecimento prévio dos alunos sobre os conceitos da Física básica, para o qual se utilizou um questionário prévio.

Analisando o questionário, foi percebida a carência que os alunos apresentavam quanto aos conteúdos pesquisados, sugerindo assim que as metodologias utilizadas até então, às quais estes alunos foram expostos, aparentemente não foram eficazes.

Quanto às experiências vivenciadas pelos alunos, a análise dos dados obtidos pela observação, bem como pelas entrevistas realizadas após a finalização das oficinas, demonstraram que os alunos aprovaram as experimentações por conta do aprendizado construído e, sem nenhuma indução por parte do pesquisador que realizou a entrevista, sugeriram uma continuidade das oficinas em forma de um novo módulo, com outros conteúdos da Física. Este pedido feito pelos alunos serviu como elemento ratificador da aprovação da Robótica como ferramenta didática ao docente.

Com base nas oficinas, que permitiram a construção do conhecimento pelas tentativas e erros, surgiu um terceiro objetivo específico nesta pesquisa: a elaboração de um aplicativo de celular, como produto desta pesquisa, que contenha simulações dos conteúdos abordados da Física básica. Com os simuladores, espera-se que os

alunos do Ensino Médio possam, por meio da tentativa e erro, apropriar-se dos conteúdos disponíveis via dispositivos móveis.

Ademais, esta pesquisa possibilitou a constatação, por meio da observação dos resultados analisados a cada oficina, de que a Robótica Educacional é uma ferramenta didática que favorece o processo de ensino-aprendizagem, facilitando assim a práxis do professor que, aplicando os princípios utilizados neste trabalho, possibilitará a melhoria da atuação docente.

Nesse sentido, os alunos não somente entenderam os conteúdos discutidos, mas se tornaram protagonistas do aprendizado, desenvolvendo a capacidade de investigação e análise para solução de problemas.

Apesar da limitada abrangência desta pesquisa, que abordou exclusivamente os conceitos básicos da Física tendo como unidade temática o ensino da mecânica, seguindo as recomendações dos PCNs, o desdobramento deste estudo demonstra ser necessário para o conjunto de temas que os professores de Física abordam nas escolas: o estudo da Física térmica, do som, imagem e informação, do eletromagnetismo, de equipamentos elétricos e telecomunicações por exemplo, são temas que apresentam elevada aderência para o uso da Robótica como ferramenta didática e que pode auxiliar os professores.

Assim, as contribuições percebidas neste trabalho com foco na prática docente, as quais o uso desta ferramenta pode potencializar o processo de ensino-aprendizagem, podem ser ampliadas e disseminadas nas demais áreas do conhecimento, não só da Física e suas respectivas divisões temáticas, mas para a Matemática, a Geometria, a Química e outras disciplinas, caracterizando assim a interdisciplinaridade que a robótica possui.

Outro ponto a ser indicado como desdobramento desta pesquisa é referente a uma desvantagem percebida durante a realização das oficinas: o custo de aquisição do KIT LEGO para as escolas.

Em uma busca rápida pela internet, um KIT LEGO custa entre cinco a seis mil Reais para aquisição, dificultando assim a compra por parte da grande maioria das escolas do Brasil, impedindo o uso e disseminação desta ferramenta aos estudantes de regiões mais carentes do país.

Para isto, elaborei no APÊNDICE H um quadro comparativo, indicando opções com preços mais acessíveis, por meio da montagem individual de itens, permitindo assim a aquisição de um KIT de Robótica por menos de trezentos Reais.

Além de ser acessível, a montagem dos componentes e programação da placa de comandos permite aos alunos e professores um maior aprendizado em relação aos KITS prontos, justamente por possuírem softwares livres de programação, onde a imaginação dos envolvidos é o limite das possibilidades de uso. Com isto, espera-se que se possa deixar neste trabalho uma possibilidade de continuidade dos estudos sobre importância da Robótica no processo de ensino-aprendizagem para que futuros pesquisadores possam ser multiplicadores desta ferramenta didática que demonstrou ser de alto impacto na construção do conhecimento não só dos alunos, mas também dos professores.

## REFERÊNCIAS

ANTONELLO, R. *et al.* Robôs como Ferramenta Extensionista a experiência do projeto de robótica pedagógica com a tecnologia de robôs Lego Mindstorms® do IFC-Campus Luzerna. **Extensão Tecnológica: Revista de Extensão do Instituto Federal Catarinense**, Blumenau, n. 12, p. 42–61, 2020. Disponível em: <http://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/RevExt/article/view/19/955>. Acesso em: 16 jul. 2020.

ARAUJO, A. V. P. R. **Uma proposta de metodologia para o ensino de física usando robótica de baixíssimo custo**. 2013. - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15477/1/AlessandroVPRA\\_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15477/1/AlessandroVPRA_DISSERT.pdf). Acesso em: 16 jul. 2020.

AROCA, R. V. **Plataforma robótica de baixíssimo custo para robótica educacional**. 2012. - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Natal, 2012. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15206/1/RafaelVA\\_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15206/1/RafaelVA_DISSERT.pdf). Acesso em: 16 jul. 2020.

ASTOLFI, J. **Mots-clés de la didactique des sciences: repères, définitions, bibliographies**. Paris: De Boeck, 1997. *E-book*.

ATAIDES, A. D. **A utilização da plataforma arduíno no ensino de Física: medindo carga e energia armazenada em associações de capacitores**. 2020. - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2020. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5139/1/arduinocapacitoresaprendizagemsignificativa.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2020.

ATOJI, R. I. **Bluetooth e NFC : estudo de caso**. 2010. - Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2010. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~cef/mac499-10/monografias/rodolpho/pdf/mac499-monografia.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2020.

BAPTISTA, M. T. D. S. O estudo de identidades individuais e coletivas na constituição da história da Psicologia. **Memorandum**, Belo Horizonte, p. 31–38, 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/memorandum/article/view/6823/4395>. Acesso em: 16 jul. 2020.

BECKER, F. **Educação e construção do conhecimento**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2012. *E-book*.

BELANÇON, E. D.; SILVA, S.da. Um passeio por várias álgebras na descrição do momento angular. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 41, n. 2, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2018-0252>. Acesso em: 16 jul. 2020.

BIEHL, R. Robótica Educacional : Um Recurso Para Introduzir O Estudo Da Física No Ensino Fundamental. **Dissertação de Mestrado**, Lajeado, 2018. Disponível em: <https://univates.br/bdu/bitstream/10737/2158/1/2018RodrigoBiehl.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2020.

BLOOM, B. S. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals; Handbook I: Cognitive domain. *In*: **M. D. Engelhart, E. J. Furst, W. H. Hill, & D. R. Krathwohl (Eds.), Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals; Handbook I: Cognitive domain.** New York: David McKay, 1956. *E-book*.

BORGES, O. Formação inicial de professores de Física : Formar mais ! Formar melhor ! **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 135–142, 2006 a. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v28n2/a03v28n2.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2020.

BORGES, O. Formação inicial de professores de Física: Formar mais! Formar melhor! **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 135–142, 2006 b. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1806-11172006000200003>

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. A estratégia da modelagem didático-científica para a conceitualização do real no ensino de física: um estudo de caso com professores de ensino médio. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 12, n. 1, p. 85–110, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v12n1p85>. Acesso em: 17 jul. 2020.

BRASIL; O.N.U. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável/Res/70/1**, Brasília: 2015. p. 1–49. Disponível em: [http://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil\\_Amigo\\_Pesso\\_Idosa/Agenda2030.pdf](http://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf). Acesso em: 16 jul. 2020.

BRASIL. **LEI Nº 9.394, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1996** Brasília: 1996.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais.** Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 1997a. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2020.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais : matemática.** Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 1997b. p. 142. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro03.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2020.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Terceiro e Quarto Ciclos do Ensino Fundamental.** Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 1998a. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/introducao.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2020.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)** Brasília: 1998b. Seção Parte III-Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, p. 955–958. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/p96-813>. Acesso em: 7 nov. 2020.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2020.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006a. Disponível em:

[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf). Acesso em: 17 jul. 2020.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Linguagens, códigos e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006b. p. 239. Disponível em:

[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_01\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_01_internet.pdf). Acesso em: 18 jul. 2020.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2018a. p. 596. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 18 jul. 2020.

BRASIL. **Resolução CEB/CNE nº03/2018**. Brasília: Conselho Nacional de Educação; Câmara de Educação Básica., 2018b. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/novembro-2018-pdf/102481-rceb003-18/file>. Acesso em: 18 jul. 2020.

CALDAS, H.; SALTIEL, E. Sentido das forças de atrito e movimento-II. Uma análise dos livros utilizados no ensino superior brasileiro. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Espírito Santo, v. 21, n. 4, p. 542–549, 1999. Disponível em: [http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v21\\_542.pdf](http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v21_542.pdf). Acesso em: 8 out. 2019.

CAMPOS, F. **Currículo , tecnologias e robótica na educação básica**. 2011. - Tese de Doutorado-Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/bitstream/handle/9619/1/Flavio Rodrigues Campos.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2020.

CAMPOS, F. R. **Paulo Freire e Seymour Papert: educação, tecnologias e análise do discurso**. Curitiba: Editora CRV, 2013. *E-book*.

CAMPOS, F. R.; LIBARDONI, Gláucio Carlos. Investigação em robótica na educação brasileira: o que dizem as dissertações e teses. *In: Robótica educacional - experiências inovadoras na educação brasileira*. Porto Alegre: Penso, 2020. p. 21–45. *E-book*.

CARLOS, P. R. de O. **Avaliações Externas de Grande Escala**. 2016. - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016. Disponível em: [https://www.ufjf.br/profis/files/2017/04/Produto\\_FINAL-Pablo-Rafael.pdf](https://www.ufjf.br/profis/files/2017/04/Produto_FINAL-Pablo-Rafael.pdf). Acesso em: 18 jul. 2020.

CÉSAR, D. R. **Potencialidades e limites da Robótica Pedagógica Livre no processo de (re)construção de conceitos científico-tecnológicos a partir do desenvolvimento de artefatos robóticos**. 2009. - Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Educação, Salvador, 2009. Disponível em: <https://doi.org/18>. Acesso em: 18 jul. 2020.

CÉSAR, D. R. **Robótica pedagógica livre: uma alternativa metodológica para a emancipação sociodigital e a democratização do conhecimento**. 2013. - Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Educação, Salvador, 2013. Disponível em: [https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/16087/1/Tese\\_revisada\\_final.pdf](https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/16087/1/Tese_revisada_final.pdf). Acesso em: 18 jul. 2020.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. Rio de

Janeiro: Vozes, 2006. *E-book*.

CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE. **Manual de contabilidade do sistema CFC/CRCs**. Brasília: Conselho Federal de Contabilidade, 2009. p. 334. Disponível em: [https://cfc.org.br/wp-content/uploads/2018/04/1\\_manual\\_cont.pdf](https://cfc.org.br/wp-content/uploads/2018/04/1_manual_cont.pdf). Acesso em: 18 jul. 2020.

CUNHA, A. M. de O.; BRITO, T. T. R.; CICILLINI, G. A. Dormi aluno (a)... Acordei professor (a): Interfaces da formação para o exercício do ensino superior. **Anped - Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação**, Rio de Janeiro, p. 1–15, 2006. Disponível em: <http://www.anped.org.br/sites/default/files/gt11-2544-int.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2020.

CURCIO, C. P. C. **Proposta de método de robótica educacional de baixo custo**. 2008. - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC, Curitiba, 2008. Disponível em: <http://sistemas.institutoslactec.org.br/mestrado/dissertacoes/arquivos/christinacurcio.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2020.

CURY, H. "Professora, eu só erre um sinal!": como a análise de erros pode esclarecer problemas de aprendizagem. *In: Disciplinas matemáticas em cursos superiores: reflexões, relatos, propostas*. 1ª. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004. p. 111–120. *E-book*. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=Dhk24Hmra78C&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=Dhk24Hmra78C&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 18 jul. 2020.

DAMIANI, M. F. *et al.* Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação**, Pelotas, v. 45, p. 57–67, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/caduc/article/view/3822>. Acesso em: 18 jul. 2020.

DE MIRANDA, L. C.; SAMPAIO, F. F.; BORGES, J. A. dos S. RoboFácil: Especificação e Implementação de um Kit de Robótica para a Realidade Educacional Brasileira. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 46–58, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/RBIE.2010.18.03.46>. Acesso em: 19 jul. 2020.

DEWEY, J. **Arte como experiência**. São Paulo: Martins Fontes, 2010. *E-book*.

DIAS, J.; ABDALLA, D.; SABA, H. Ensino da Robótica Livre como Instrumento de Aprendizado Interdisciplinar na Rede Pública de Educação Profissional e Tecnológica. *In: 2015, Porto Alegre. Anais do Workshop sobre Educação em Computação (WEI)*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação - SBC, 2015. p. 236–245. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/wei.2015.10240>. Acesso em: 18 jul. 2020.

DOS SANTOS, F. R. V.; OSTERMANN, F. A prática do professor e a pesquisa em ensino de Física: novos elementos para repensar essa relação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 22, n. 3, p. 316–337, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6374/5900>. Acesso em: 18 jul. 2020.

DRISCOLL, M. **Psychology of learning for instruction**. Boston: Needham Heights: Allyn & Bacon, 2000. *E-book*.

FABRI JUNIOR, L. A. **O uso de Arduino na criação de kit para oficinas de robótica de baixo custo para escolas públicas**. 2014. - Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2014. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/267704>. Acesso em: 18 jul. 2020.

FERRAZ, A. P. do C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421–431, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2010000200015>. Acesso em: 18 jul. 2020.

FLORES, P.; GOMES, J. **Cinemática e dinâmica de engrenagens: 1. Aspectos gerais sobre engrenagens**. Guimarães: Universidade do Minho - Escola de Engenharia, 2014. *E-book*. Disponível em: [https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/34120/1/6.12.49 2014.pdf](https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/34120/1/6.12.49%2014.pdf). Acesso em: 18 jul. 2020.

FRAGOSO, S. **O espaço em perspectiva**. Rio de Janeiro: Editora E-papers, 2005. *E-book*.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. 25<sup>a</sup> ed. São Paulo: PAZ E TERRA, 1996. *E-book*.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** São Paulo: Paz e Terra, 2013. *E-book*.

GARCIA, P. S. *et al.* Políticas educacionais e o ensino de Ciências no Brasil: o caso do IDEB. **Revista de Educação Pública**, Cuiabá, v. 27, n. 64, p. 251, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.29286/rep.v27i64.3158>. Acesso em: 21 out. 2020.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6<sup>a</sup> ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2008. v. 264 *E-book*.

GONÇALVES, P. C. **Protótipo de um robô móvel de baixo custo para uso educacional**. 2007. - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007. Disponível em: <http://www.din.uem.br/~mestrado/diss/2007/goncalves.pdf> [http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra=92354](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=92354). Acesso em: 18 jul. 2020.

GRANDINI, N. A.; GRANDINI, C. R. Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de Licenciatura em Física da UNESP-Bauru. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 251–256, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-47442004000300011>. Acesso em: 18 jul. 2020.

HUANG, R.; SPECTOR, J. M.; YANG, J. **Educational Technology**. Singapore: Springer Singapore, 2019. (Lecture Notes in Educational Technology).v. 1 *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-981-13-6643-7>. Acesso em: 18 jul. 2020.

KRATHWOHL, D. R. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. **Theory Into Practice**, Columbus, v. 41, n. 4, p. 212–218, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104\\_2](https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2). Acesso em: 18 jul. 2020.

KRAUSE, J. C.; JOHN SCHEID, N. M. Concepções alternativas sobre conceitos básicos de física de estudantes ingressantes em curso superior da área tecnológica: um estudo comparativo. **Revista Espaço Pedagógico**, Passo Fundo, v. 25, n. 2, p. 227–240, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5335/rep.v25i2.8157>. Acesso em: 2 nov. 2020.

LEMKE, J. L. The coming paradigm wars in Education: curriculum vs. information access. *In*: 1994, Chicago. **Computers, Freedom, and Privacy Conference**. Chicago: Brooklyn College School of Education, 1994. p. 7. Disponível em: <http://static1.1.sqspcdn.com/static/f/694454/12425254/1306521371827/ParadigmWars.pdf?token=qLQcMHbCkHn6GtaTPXD9QCpXflk%3D>. Acesso em: 18 jul. 2020.

MALDANER, O. A.; ZANON, L. B.; AUTH, M. A. Pesquisa sobre educação em ciências e formação de professores. *In*: UNIJUÍ (org.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. 2ª ed. Ijuí: Unijuí, 2015. v. 2p. 49–88. *E-book*.

MARINELI, F.; PACCA, J. L. de A. Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 497–505, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172006000400012>. Acesso em: 18 jul. 2020.

MARQUES, R. M.; PEREIRA DE ASSIS, N.; DE SALLES GOMIDE, U. Trabalho & Educação em tempos de pandemia e crise do capital. **Trabalho & Educação - ISSN 1516-9537 / e-ISSN 2238-037X**, Belo Horizonte, v. 29, n. 1, p. 7–13, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.17648/2238-037X-trabedu-v29n1-20987>. Acesso em: 19 jul. 2020.

MARTINS, L. Ensinando Lógica de Programação aplicada a Robótica para alunos do Ensino Fundamental. *In*: 2016, Porto Alegre. **Anais do XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2016)**. Porto Alegre: V Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2016), 2016. p. 31. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2016.31>. Acesso em: 19 jul. 2020.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94–99, 2000. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/116896>. Acesso em: 19 jul. 2020.

MOREIRA, M. A. Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos. **Actas del PIDEC: Programa internacional de ...**, Porto Alegre, p. 1–73, 2003. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/pesquisaemensino.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2020.

NARDI, R. Memórias da educação em Ciências no Brasil: A pesquisa em ensino de Física. **Revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI) - ISSN: 1518-8795**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 63–101, 2005. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ieneci/article/view/523>. Acesso em: 19 jul. 2020.

NÓVOA, A. Desafios do trabalho do professor no mundo contemporâneo. **Sindicato dos Professores de São Paulo - SINPRO-SP**, São Paulo, p. 24, 2007. Disponível em: [http://www.sinprosp.org.br/arquivos/novoa/livreto\\_novoa.pdf](http://www.sinprosp.org.br/arquivos/novoa/livreto_novoa.pdf). Acesso em: 19 jul. 2020.

OLIVEIRA, D. G. de; FONSECA, W.; LEITE, S. J. O. Oficina de introdução à robótica pedagógica com alunos do ensino fundamental no Pará. *In: Computação na educação básica: fundamentos e experiências*. 1a. ed. Porto Alegre: Penso, 2020. *E-book*.

OLIVEIRA, H. do V. de; SOUZA, F. S. de. Do conteúdo programático ao sistema de avaliação: Reflexões educacionais em tempos de pandemia (COVID-19). **Boletim de Conjuntura**, Boa Vista, v. 2, n. 5, p. 15–24, 2020. Disponível em: <https://revista.ufr.br/boca/article/view/OliveiraSouza>. Acesso em: 19 jul. 2020.

OLIVEIRA, O.; MILL, D. Robótica pedagógica na produção científica brasileira: um estudo bibliométrico. **Revista NUPEM**, Campo Mourão, v. 12, n. 26, p. 138–155, 2020 a. Disponível em: <https://doi.org/10.33871/nupem.2020.12.26.138-155>. Acesso em: 19 jul. 2020.

OLIVEIRA, O.; MILL, D. Robótica pedagógica na produção científica brasileira: um estudo bibliométrico. **Revista NUPEM**, Campo Mourão, v. 12, n. 26, p. 138–155, 2020 b. Disponível em: <https://doi.org/10.33871/nupem.2020.12.26.138-155>. Acesso em: 19 jul. 2020.

PALFREY, J.; GASSER, U. **Nascidos na era digital: entendendo a primeira geração de nativos digitais**. 1ª ed. Porto Alegre: Grupo A, 2011. *E-book*.

PAPERT, S. **LOGO: Computadores e Educação**. Cambridge, Massachusetts: Basic Books, 1980 a. *E-book*.

PAPERT, S. Computers and Computer Cultures. **Creative Computing**, Cambridge, v. 7, n. 3, p. 82–92, 1981. Disponível em: [https://pdfs.semanticscholar.org/66dc/cdcce1fab66888f16143127ef3dca268648.pdf?\\_ga=2.31509822.1889218023.1595134793-1881017349.1591665385](https://pdfs.semanticscholar.org/66dc/cdcce1fab66888f16143127ef3dca268648.pdf?_ga=2.31509822.1889218023.1595134793-1881017349.1591665385). Acesso em: 19 jul. 2020.

PAPERT, S. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2007. *E-book*.

PAPERT, S. **From mindstorms children, computers and powerful ideas**. New York: Basic Books, 1980 b.

PAPERT, S.; HAREL, Idit. Situating Constructionism. **Incae - Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible**, Alajuela, p. 17, 2002. Disponível em: [http://web.media.mit.edu/~calla/web\\_comunidad/Reading-En/situating\\_constructionism.pdf](http://web.media.mit.edu/~calla/web_comunidad/Reading-En/situating_constructionism.pdf). Acesso em: 19 jul. 2020.

PAVÃO, A. C.; FREITAS, Denise de. **Quanta ciência há no ensino de Ciências**. 1ª ed. São Carlos: Edufscar, 2008. *E-book*.

PAZOS, F. **Automação de Sistemas & Robótica**. Rio de Janeiro: Axel Books, 2002. *E-book*. Disponível em: [https://www.academia.edu/33125961/Automação\\_de\\_Sistemas\\_e\\_Robótica](https://www.academia.edu/33125961/Automação_de_Sistemas_e_Robótica). Acesso em: 19 jul. 2020.

PIAGET, J. **A epistemologia genética: sabedoria e ilusões da filosofia, problemas de psicologia genética**. São Paulo: Abril Cultural, 1983. *E-book*.

PROVDANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo

Hamburgo: Universidade Feevale, 2013. *E-book*. Disponível em: [http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book Metodologia do Trabalho Cientifico.pdf](http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf). Acesso em: 19 jul. 2020.

QUARTIERO, E. M. Formação cdontinuada de Professores: o processo de trabalho no núcleos de tecnologia educacional (NTE). **XVIII Seminário internacional de formação de Professores para o MERCOSUL/CONE SUL2**, Santa Catarina, p. 552–567, 2010. Disponível em: <https://seminarioformprof.ufsc.br/files/2010/12/QUARTIERO-Elisa-Maria3.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2020.

RABELO, A. P. S. **Robótica Educacional no ensino de Física**. 2016. - Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2016. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/5633>. Acesso em: 19 jul. 2020.

ROBBINS, S. **Fundamentos do comportamento organizacional**. 7. ed. São Paulo: Pearson Education, 2009. *E-book*.

ROJO, R. Pedagogia dos multiletramentos: diversidade cultural e de linguagens na escola. *In: Multiletramentos na escola*. 90. ed. São Paulo: Parábola Editorial, 2012. p. 11–30. *E-book*. Disponível em: [http://catalogo.educacaonaculturadigital.mec.gov.br/hypermedia\\_files/live/aprendizagem\\_de\\_lingua\\_portuguesa\\_no\\_ensino\\_medio\\_e\\_tdic/medias/files/rojo\\_2012.doc](http://catalogo.educacaonaculturadigital.mec.gov.br/hypermedia_files/live/aprendizagem_de_lingua_portuguesa_no_ensino_medio_e_tdic/medias/files/rojo_2012.doc). Acesso em: 19 jul. 2020.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2007. *E-book*.

SILVA, A. F. da. **RoboEduc: Uma Metodologia de Aprendizado com Robótica Educacional**. 2009. - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15128>. Acesso em: 17 jul. 2020.

SILVA, C. S. G. da. **Imersão nas Tecnologias Digitais para Educação: Uma experiência pedagógica no curso de pedagogia da PUC-SP**. 2018. - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC/SP, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/22019>. Acesso em: 19 jul. 2020.

SILVA, S. R. X. da. **Protótipo de um robô móvel interdisciplinar de baixo custo para uso educacional em cursos superiores de engenharia e computação**. 2011. - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/18614>. Acesso em: 19 jul. 2020.

SILVA, V. A. da; MARTINS, Maria Inês. ANÁLISE DE QUESTÕES DE FÍSICA DO ENEM PELA TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 189–202, 2014.

SILVA, F. A. **As avaliações externas e as possibilidades de diálogo com os professores de Física**. 2019. - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-16062020-173038/publico/Fernando\\_Augusto\\_Silva.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-16062020-173038/publico/Fernando_Augusto_Silva.pdf). Acesso em: 18 out. 2020.

SILVA, R. B.; BLIKSTEIN, P. **Robótica Educacional: Experiências Inovadoras na**

**Educação Brasileira.** Porto Alegre: Penso, 2020. *E-book*.

SILVEIRA, J. de A. Construcionismo e inovação pedagógica: uma visão crítica das concepções de Papert sobre o uso da tecnologia computacional na aprendizagem da criança. **THEMIS: Revista da Esmec**, Fortaleza, v. 10, n. 1, p. 119–138, 2012. Disponível em: <http://revistathemis.tjce.jus.br/index.php/THEMIS/article/view/87/85>. Acesso em: 19 jul. 2020.

TARSSO, G. S. J.; LIMA, J. F. S. de. Robótica Educacional e Construcionismo como proposta metodológica para o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem significativa. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 596–605, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.89300>. Acesso em: 19 jul. 2020.

PEREIRA, T. Q. **Aplicação da metodologia de taxonomia de Bloom revisada no ensino de física a partir da análise de dados de estações meteorológicas.** 2018. - Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/194613>. Acesso em: 19 jul. 2020.

GUARREZI, S. T.; PAES DE BARROS, M.; FERREIRA DA SILVA, D. Sequências de ensino-aprendizagem: uma abordagem baseada nas demandas de aprendizagem para o ensino de Física. **Pesquisa e Ensino**, Barreiras, v. 1, p. e202017, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.37853/pqe.e202017>. Acesso em: 18 jul. 2020.

ULLRICH, R. A. **Robótica – Uma Introdução. O porquê dos robôs e seu papel no trabalho.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 1987. *E-book*.

UNIVERSIDADE MUNICIPAL DE SÃO CAETANO DO SUL - USCS. **Projeto pedagógico - Colégio Universitário USCS.**São Caetano do Sul: Lei Municipal nº 5.699 de 26 de novembro de 2018, 2018. Disponível em: [https://esic.uscs.edu.br/arquivos\\_leis\\_decretos/Lei Municipal nº 5.699 - 27.11.2018.pdf](https://esic.uscs.edu.br/arquivos_leis_decretos/Lei%20Municipal%20n%C2%BA%205.699%20-%2027.11.2018.pdf). Acesso em: 19 jul. 2020.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PRÉVIO DOS ALUNOS

Buscando avaliar o conhecimento prévio dos alunos com relação aos conteúdos que seriam abordados nos encontros, foi aplicado um questionário prévio no primeiro encontro da intervenção. Esperava-se que a análise deste questionário prévio pudesse contribuir nas análises e conclusões a serem feitas no final da pesquisa.

O questionário foi composto por dez questões, conforme:

- 1- O que você entende por inventário?
- 2- O que você entende por vista em perspectiva em desenho?
- 3- O que é um movimento retilíneo?
- 4- O que é energia?
- 5- O que é velocidade?
- 6- O que é potência?
- 7- O que é aceleração?
- 8- O que é gravidade?
- 9- O que é unidade de medida?
- 10- O que você entende por Física?

## APÊNDICE B – MATRIZ DE REFERÊNCIA DA INTERVENÇÃO

OFICINA	ATIVIDADE PROPOSTA	OBJETIVOS INTEGRADOS	FUNÇÕES COGNITIVAS	COMPETÊNCIAS TRABALHADAS
1	Realizar o inventário relatoriado das peças do kit LEGO.	<p>1. Conhecer os componentes do KIT, por meio da classificação;</p> <p>2. Entender os desenhos em perspectiva, por meio da interpretação;</p> <p>3. Aplicar, por meio da definição teórica, a implementação do inventário;</p> <p>4. Recordar as boas práticas de convivência social, reconhecendo seus colegas de grupo como estrutura social da qual se convive.</p>	<p>1 e 2. Entender / Conhecer: Relacionado a estabelecer uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido. A informação é entendida quando o aprendiz consegue reproduzi-la com suas “próprias palavras”.</p> <p>Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: interpretando, exemplificando, classificando, resumindo, inferindo, comparando e explicando.</p> <p>3. Aplicar: Relacionado a executar ou usar um procedimento numa situação específica e pode também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova.</p> <p>Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: executando e implementando.</p> <p>4. Recordar: Relacionado a reconhecer e reproduzir ideias e conteúdos. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação, e</p>	<p>(EM13CNT101);</p> <p>(EM13CNT205);</p> <p>(EM13CNT301);</p> <p>(EM13CNT302);</p> <p>(EM13CNT303);</p> <p>(EM13CNT305).</p>

			reproduzir ou recordar está mais relacionado à busca por uma informação relevante memorizada.  Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: reconhecendo e reproduzindo.	
2	Construir o robô e fazê-lo andar em linha reta, controlando a distância percorrida e o tempo, com programação direta pelo EV3 Brick (Módulo Central de comando do Kit Lego)	<p>1. Recordar conceitos de unidade de medida, definindo o Sistema Internacional de Unidades (SI) como padrão nacional;</p> <p>2. Entender as conversões de velocidade baseado no espaço e tempo com unidades distintas, interpretando a composição unitária das unidades;</p> <p>3. Entender o pensamento algoritmo durante a programação do robô, classificando os comandos da programação por ordem de execução.</p>	<p>1. Lembrar;</p> <p>2 e 3. Entender.</p> <p>Obs.: Definições conforme descrito no encontro anterior.</p>	<p>(EM13CNT102);</p> <p>(EM13CNT106);</p> <p>(EM13CNT107);</p> <p>(EM13CNT205);</p> <p>(EM13CNT301);</p> <p>(EM13CNT302);</p> <p>(EM13CNT306);</p> <p>(EM13CNT308).</p>
3	Programar o robô para realizar um trajeto definido de espaço e de tempo (ida e volta) via software da LEGO (com uso de computador)	<p>1. Aplicar o pensamento algoritmo, executando o programa de maior complexidade do que no encontro anterior;</p> <p>2. Analisar o resultado da programação, comparando com a</p>	<p>1. Aplicar: Já definido anteriormente;</p> <p>2. Analisar: Relacionado a dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos</p>	<p>(EM13CNT102);</p> <p>(EM13CNT106);</p> <p>(EM13CNT107);</p> <p>(EM13CNT205);</p> <p>(EM13CNT301);</p> <p>(EM13CNT302);</p> <p>(EM13CNT306);</p>

		<p>programação do encontro anterior;</p> <p>3. Entender a importância do trabalho em equipe, interpretando os resultados da experiência obtidos pelos integrantes do grupo.</p>	<p>importantes e entender a inter-relação existente entre as partes. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: diferenciando, organizando, atribuindo e concluindo.</p> <p>3. Entender:</p> <p>Já definido anteriormente.</p>	(EM13CNT308).
4	Realizar o itinerário fechado (circuito) com o robô, utilizando o celular como controle remoto.	<p>1. Aplicar o uso tecnologias digitais móveis, utilizando o celular;</p> <p>2. Entender as facilidades das conexões de interface entre dispositivos digitais, interpretando os resultados obtidos na experiência sem fio.</p>	<p>1. Aplicar; e</p> <p>2. Entender.</p> <p>Já definidos anteriormente.</p>	(EM13CNT101); (EM13CNT102); (EM13CNT106); (EM13CNT107); (EM13CNT205); (EM13CNT301); (EM13CNT302); (EM13CNT306); (EM13CNT308).
5	Realizar o itinerário fechado (circuito) com o robô, utilizando o software LEGO MINDSTORM Education EV3 por meio da programação via computador.	<p>1. Analisar as vantagens do trabalho em equipe, diferenciando os resultados individuais com os coletivos;</p> <p>2. Analisar o pensamento de algoritmo e programação, comparando os resultados do programa deste encontro com os anteriores;</p> <p>3. Entender a dinâmica do trabalho sobre</p>	<p>1 e 2. Analisar;</p> <p>3. Entender.</p> <p>Já definidos anteriormente.</p>	(EM13CNT101); (EM13CNT102); (EM13CNT106); (EM13CNT107); (EM13CNT205); (EM13CNT207); (EM13CNT301); (EM13CNT302); (EM13CNT305); (EM13CNT306); (EM13CNT308).

		pressão, ou seja, a corrida contra o tempo e sem erros possíveis, classificando os resultados obtidos por equipe;		
6	Calcular o perímetro das rodas disponíveis no KIT e determinar a quantidade de voltas necessárias para o robô percorrer uma distância pré-estabelecida	<p>1. Avaliar a influência do tamanho das rodas no comportamento do robô, justificando a escolha da resposta dada no questionamento da atividade;</p> <p>2. Entender os conceitos da física básica como: velocidade angular e aceleração, interpretando os resultados da experimentação envolvida.</p>	<p>1 Avaliar:</p> <p>Relacionado a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia.</p> <p>Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: checando, criticando, julgando, justificando e recomendando.</p> <p>2. Entender.</p> <p>Já definido anteriormente.</p>	<p>(EM13CNT106);</p> <p>(EM13CNT107);</p> <p>(EM13CNT205);</p> <p>(EM13CNT301);</p> <p>(EM13CNT302);</p> <p>(EM13CNT308).</p>
7	Montar o robô incluindo uma relação de engrenagens entre o motor e rodas (motora e movida).	<p>1. Entender os conceitos de velocidade angular e torque, explicando os resultados encontrados no experimento;</p> <p>2. Analisar por meio da realização de cálculos mentais, as relações de engrenagens experimentadas, comparando as montagens alternadas.</p>	<p>1. Entender; e</p> <p>2. Analisar.</p> <p>Já definidos anteriormente.</p>	<p>(EM13CNT106);</p> <p>(EM13CNT107);</p> <p>(EM13CNT205);</p> <p>(EM13CNT301);</p> <p>(EM13CNT302);</p> <p>(EM13CNT308).</p>
8	Movimentar o robô atrelado a um peso conhecido.	1. Conhecer os conceitos de força e atrito, interpretando os resultados vivenciados no	<p>1. Conhecer:</p> <p>Já definido anteriormente.</p>	<p>(EM13CNT101);</p> <p>(EM13CNT106);</p> <p>(EM13CNT107);</p> <p>(EM13CNT204);</p>

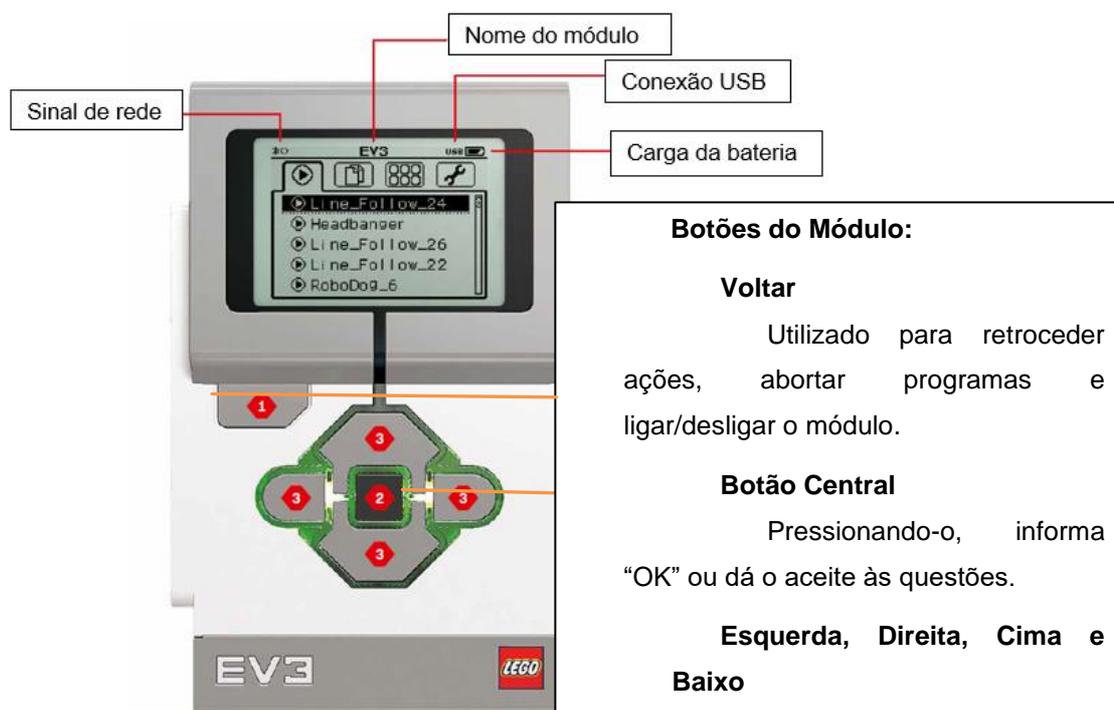
		encontro.		(EM13CNT205); (EM13CNT301); (EM13CNT302).
9	Movimentar o robô atrelado a uma carga em pisos de baixa e alta aderência (liso e áspero).	1.Aplicar os conceitos de força, atrito e torque, executando a tarefa proposta pela situação-problema.	1. Aplicar:  Já definido anteriormente.	(EM13CNT101); (EM13CNT106); (EM13CNT107); (EM13CNT204); (EM13CNT205); (EM13CNT301); (EM13CNT302); (EM13CNT303).
10	Construir um robô à partir de materiais reciclado ou lixo eletrônico.	1.Criar um robô, produzindo um dispositivo similar a partir de materiais recicláveis ou lixo eletrônico;  2.Avaliar o resultado do objetivo 1 apresentado, justificando a solução proposta e recomendando possíveis melhorias voltadas a sustentabilidade.	1.Criar:  Significa colocar elementos junto com o objetivo de criar uma visão, uma nova solução, estrutura ou modelo utilizando conhecimentos e habilidades previamente adquiridos. Envolve o desenvolvimento de ideias novas e originais, produtos e métodos por meio da percepção da interdisciplinaridade e da interdependência de conceitos.  Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: generalizando, planejando, inventando, desenvolvendo e produzindo.  2. Avaliar:  Já definido anteriormente.	(EM13CNT101); (EM13CNT102); (EM13CNT104); (EM13CNT106); (EM13CNT107); (EM13CNT206); (EM13CNT301); (EM13CNT306); (EM13CNT307); (EM13CNT308); (EM13CNT309).

Fonte: Adaptado de (FERRAZ; BELHOT, 2010, p. 429).

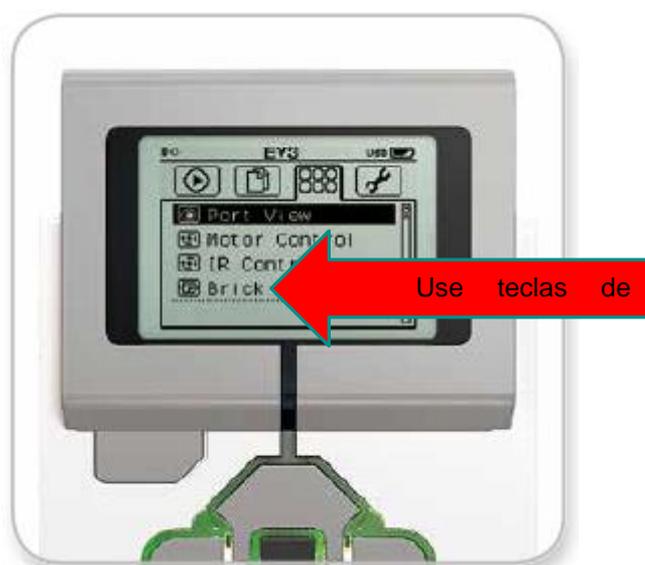
## APÊNDICE C – TUTORIAL DE PROGRAMAÇÃO DO ROBÔ

Programação do Robô:

Conhecendo o Módulo de Programação EV3



Selecionar a tela de aplicativos do módulo e acessar: Brick Program



Na tela inicial da programação, insira os comandos disponíveis na lista de blocos de comando:



Tela inicial

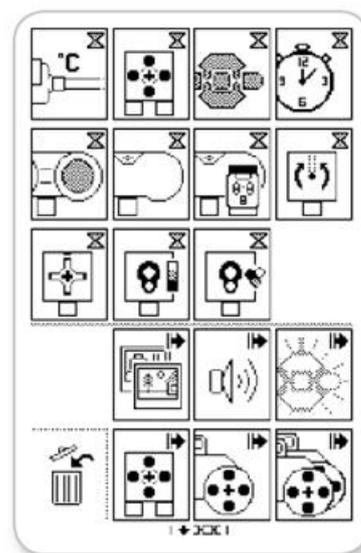


Lista de blocos de comando

Realize a seguinte programação:



Blocos inseridos no programa



Lista de comandos disponíveis

Execute e salve o programa:



Execute acionando a tecla play



Salve selecionando o disquete

## APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO COMPLEMENTAR

Questionário de entrega como tarefa para casa:

- 1- Como surgiu o Sistema Internacional de Unidades (SI) e qual sua importância?
- 2- Segundo as Conferências Gerais de Pesos e Medidas (CGPM), assinale as definições de metro (*m*), quilograma (*Kg*) e segundo (*s*) corretas:

Metro (*m*):

O metro, cujo nome deriva do grego μέτρον (metron) ou “medida”, é definido como um décimo milionésimo da distância entre o equador terrestre e o Pólo Norte.

O metro é uma das unidades usuais do sistema de medições utilizado nos Estados Unidos que define bem a unidade de medida: um metro corresponde a 1/12 de um pé.

O metro (símbolo *m*) é o comprimento percorrido pela luz no vácuo, durante um intervalo de tempo 1/299.792.458 do segundo.

Quilograma (*Kg*):

O nome da unidade deriva do latim *gramma*, que significa “pequeno peso”, fazendo com que quilograma seja o mesmo que “mil pequenos pesos”. O quilograma, unidade básica de massa do Sistema Internacional, tem massa igual ao do International Prototype Kilogram (o “Protótipo Internacional do Quilograma”), cujo peso é equivalente ao de um litro d’água em sua densidade máxima.

Unidade de massa que equivalia inicialmente a um quarto de 1 quintal – antiga medida de massa utilizada em Portugal, Brasil e Espanha. Hoje é convencionalizado no país que o quilo, utilizado para pesar porcos e gado, corresponde a 15 arrobas.

O quilograma (símbolo *kg*) é a massa do protótipo internacional da massa (ou protótipo internacional de quilograma), mantido sob guarda e cuidados do Bureau International de Pesos e Medidas, em Sèvres, Paris, ratificado pela 3.ª CGPM realizada em 1901.

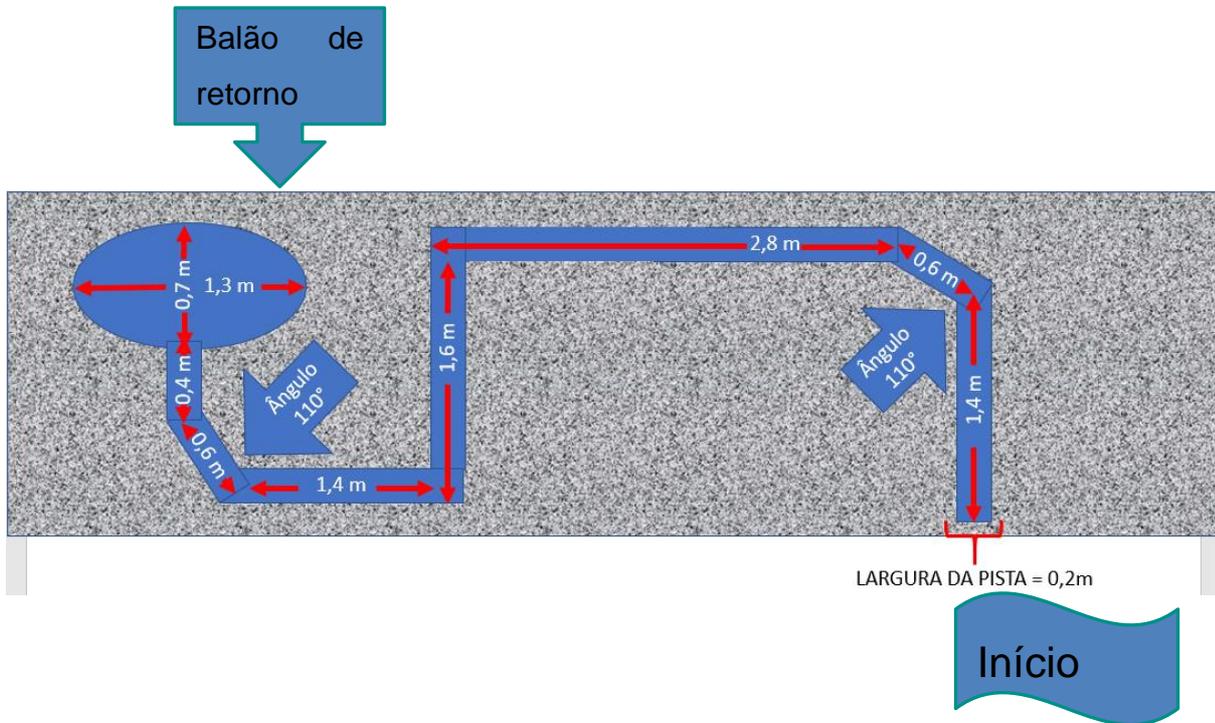
Segundo (s):

( ) A marcação do tempo começou com os egípcios, por volta do ano 2000 a.C., mas, naquela época, a passagem era marcada tomando como base o movimento do sol e da lua. Gregos, persas e babilônicos aprimoraram o sistema, subdividindo o dia sexagesimalmente, chegando assim a definição do segundo.

( ) Segmento de tempo equivalente a 60 minutos, e vigésima quarta parte de um dia solar ou do tempo em que o planeta Terra leva para girar em torno de si mesmo.

( ) O segundo (símbolo s) é a duração de 9.192.631.770 períodos da radiação correspondente à transição de um elétron entre os dois níveis hiper finos do estado fundamental do átomo de Césio 133.

# APÊNDICE E – CIRCUITO PARA O ROBÔ



## APÊNDICE F – EXERCÍCIOS COMPLEMENTARES

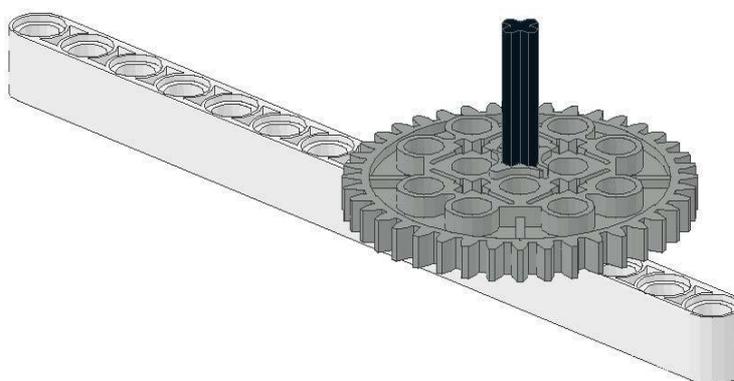
### Exercícios práticos para os alunos: Engrenagens

Nesta atividade, o professor pode proporcionar aos alunos que explorassem com maior profundidade as relações de transmissão e como a combinação de diferentes tamanhos de engrenagens poderiam produzir diferentes resultados.

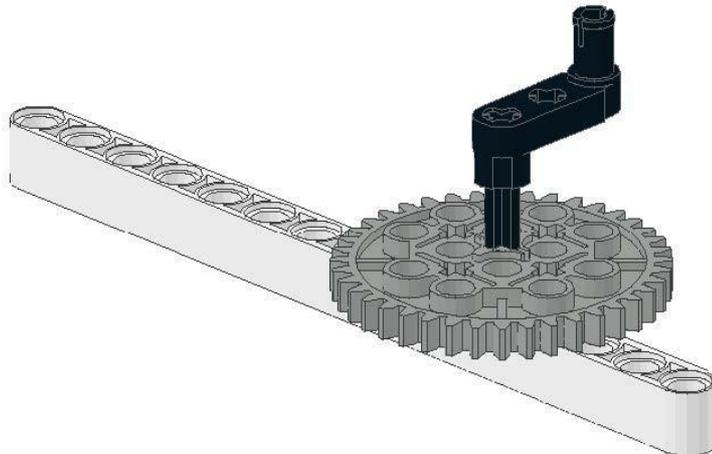
A relação de transmissão é encontrada dividindo o número de dentes da engrenagem motora pelo número de dentes da engrenagem movida, ou também pelo número de voltas que a engrenagem movida dá para cada vez que a engrenagem motora gira.

Os alunos deveriam usar uma viga 1x15 para abrigar as engrenagens que seriam usadas nesta atividade. Para este exercício, esta viga foi chamada de banco de ensaio da taxa de transmissão.

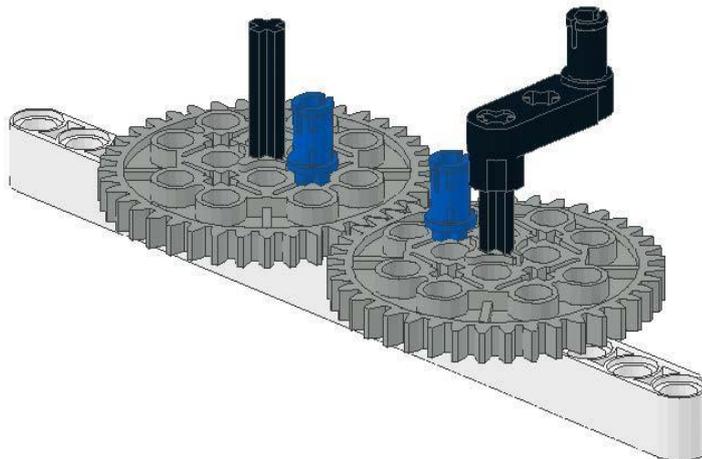
1. Conectar um eixo preto nº4 a uma engrenagem dentada de 40 dentes.
2. Colocar este conjunto de 40 dentes no quinto orifício da viga de ensaio contado a partir da direita para a esquerda, conforme esquema a seguir:



3. Conectar uma manivela ao eixo preto. Esta será a engrenagem motriz.



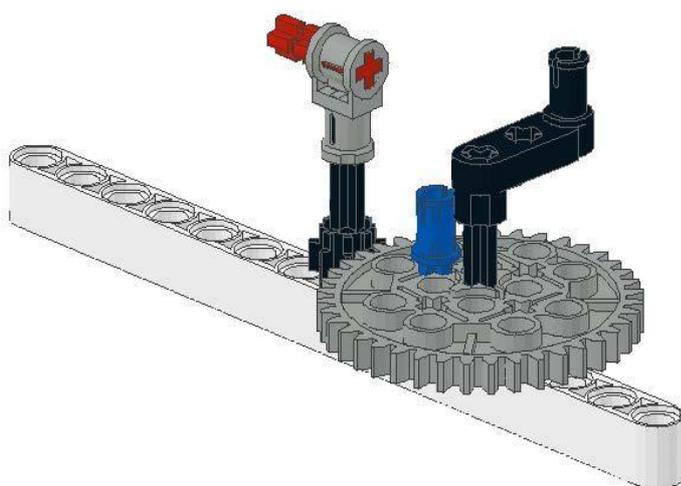
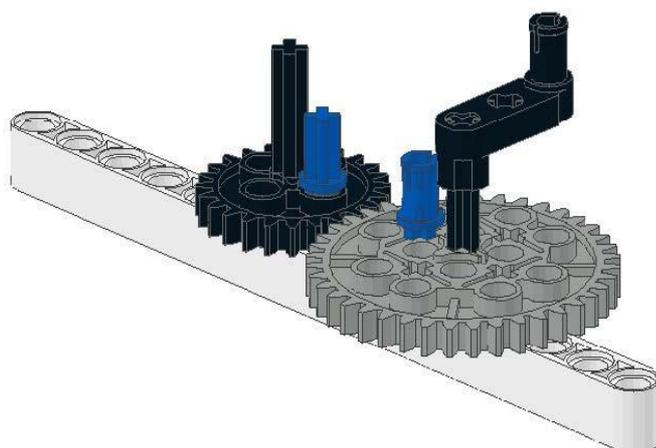
4. Instalar uma cavilha de eixo azul com atrito em um dos orifícios do eixo na engrenagem dentada de 40 dentes. Esta cavilha de eixo azul irá servir como um marcador de rotação, para ver as rotações mais facilmente.
5. Construir outro conjunto de 40 dentes com o marcador de rotação. Posicionar o novo eixo de montagem recém-construído no banco de ensaio como mostrado a seguir. Esta segunda engrenagem será a engrenagem acionada. Os dentes das engrenagens devem encaixar uns nos outros. Encaixar as engrenagens significa que as engrenagens interferem uma com a outra de forma que quando uma engrenagem gira, ela faz a outra girar. Estas duas engrenagens encaixadas irão formar um trem de engrenagem.



6. Mover o marcador de rotação para que as duas cavilhas de eixo azul com atrito estejam próximas uma da outra ao longo das engrenagens (como visto na imagem).
7. Girar a manivela lentamente até que as cavilhas em ambas as engrenagens

estejam próximas uma da outra novamente.

8. Indicar o número de vezes que foi preciso girar a engrenagem de 40 dentes para fazer a outra engrenagem de 40 dentes girar uma vez.
9. Testar as diferentes combinações de engrenagens, conforme a seguir:



## APÊNDICE G – ENCONTROS DETALHADOS

1º encontro – A integração faz parte da realização:

Para o primeiro encontro, a proposta foi a realização de um inventário do KIT LEGO MINDSTORMS. Esta atividade buscou proporcionar aos alunos:

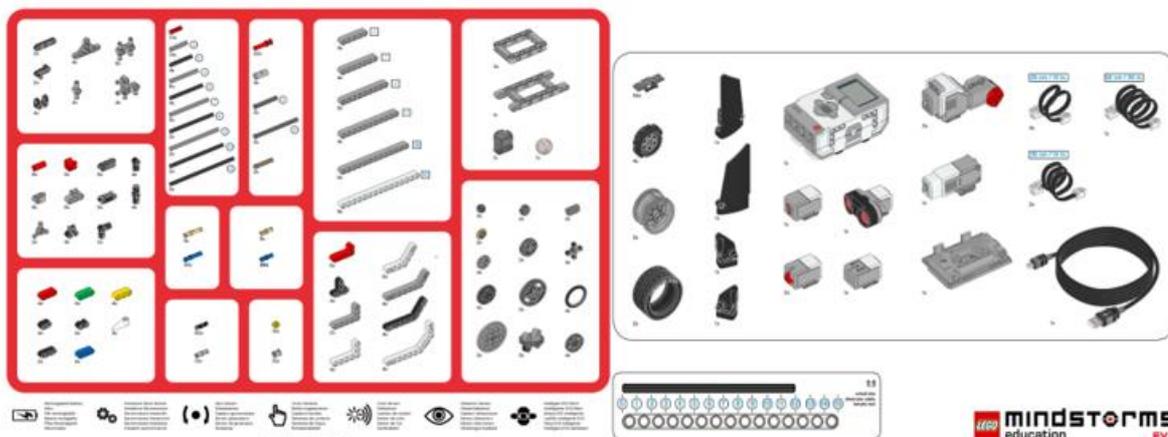
- Familiarização com os componentes do KIT;
- Leitura e interpretação de desenhos em perspectiva;
- Compreensão da definição teórica, por meio da prática, do inventário e sua aplicação na indústria;
- Integração entre os demais alunos do grupo.

A escolha de se utilizar o primeiro encontro para proporcionar aos alunos a familiarização com os componentes do KIT deveu-se à necessidade de se destacar, junto aos discentes, a configuração das peças, suas formas e sistemas de encaixe, os cuidados necessários para manuseio e preservação do KIT para que outros alunos da escola pudessem ter a oportunidade de utilização, exercitando, assim, além das competências específicas de ciências da natureza e suas tecnologias para o Ensino Médio, outras duas competências gerais da Educação básica:

1. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.
2. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

A leitura e interpretação de desenhos em perspectiva pode ser alavancada pela forma de apresentação do conteúdo disponível no próprio KIT, onde a LEGO utiliza-se de um catálogo detalhado com indicação de cada componente, sua cor, escala de tamanho, suas respectivas quantidades e a descrição de função de cada sensor, incluindo os motores e o bloco inteligente EV3.

## Catálogo de composição das peças do KIT LEGO MINDSTORMS



Fonte: Página da LEGO. Disponível em < <https://education.lego.com/en-au/support/mindstormsev3/whats-in-the-box> >

Este exercício buscou potencializar as estruturas abstratas e genéricas advindas da dinâmica da imagem, que é caracterizada pela observação humana.

Também se relaciona com muitos aspectos da atividade do ser humano no espaço, como: orientação, movimento, equilíbrio, forma e outros que oferecem base para compreensão dos conceitos principais da física básica.

A perspectiva dita *artificialis*, que imperou no ocidente e depois, com o surgimento das imagens técnicas (fotografia, cinema, vídeo, computação gráfica) se espalhou por todo o mundo, é um dos temas mais centrais na história da representação imagética, pois ela é uma espécie de fundação (no sentido de alicerce) de todo o edifício da representação visual que nos foi legado pela história (FRAGOSO, 2005, p.5).

Assim, atrelado à atividade de se realizar o inventário relatoriado, os alunos puderam exercitar esta visão tridimensional, além de gerar discussões construtivas sobre dúvidas oriundas do problema proposto.

Antes de se realizar o inventário, o pesquisador teve de apresentar a teoria do inventário e sua importância no mercado de trabalho, baseado na definição do Manual de Contabilidade, do Conselho Federal de Contabilidade (CFC), que define inventário como a verificação da existência de um componente patrimonial.

o inventário tem por objetivo dar conformidade aos dados registrados no sistema de controle de bens, de forma que represente a real existência dos bens patrimoniais em determinado momento,[...] (CFC, 2009, p.34).

Esta atividade final do encontro proporcionou aos alunos a integração entre a familiarização dos componentes, a identificação dos itens por meio da leitura e interpretação dos desenhos em perspectiva e a elaboração de um relatório que, neste caso, será o inventário físico.

Ademais, com esta atividade foi possível proporcionar aos alunos o desenvolvimento de outras importantes competências específicas de Matemática e suas tecnologias para o Ensino Médio:

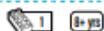
- 1- Utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos para interpretar situações em diversos contextos, sejam atividades cotidianas, sejam fatos das Ciências da Natureza e Humanas, das questões socioeconômicas ou tecnológicas, divulgados por diferentes meios, de modo a contribuir para uma formação geral.
- 2- Utilizar estratégias, conceitos, definições e procedimentos matemáticos para interpretar, construir modelos e resolver problemas em diversos contextos, analisando a plausibilidade dos resultados e a adequação das soluções propostas, de modo a construir argumentação consistente.
- 3- Compreender e utilizar, com flexibilidade e precisão, diferentes registros de representação matemáticos (algébrico, geométrico, estatístico, computacional etc.), na busca de solução e comunicação de resultados de problemas.

## Partes principais do KIT LEGO Mindstorms EV3

### Componentes principais

Carregador 10V DC

45517



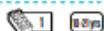
Bloco Inteligente EV3

45500



Bateria DC Recarregável EV3

45501



Servo Motor Grande EV3

45502



Servo Motor Médio EV3

45503



Pacote de Cabos EV3

45514



### Elementos de sensor

Sensor Ultrassônico EV3

45504



Sensor de Toque EV3

45507



Sensor de Cor EV3

45506



Sensor Infravermelho EV3

45509



Emissor Infravermelho EV3

45508



Sensor de Temperatura

9749



Fonte: Disponível em <[https://tecnologia.educacional.com.br/documentos/LE\\_Catalogo\\_2017\\_BRASIL.pdf](https://tecnologia.educacional.com.br/documentos/LE_Catalogo_2017_BRASIL.pdf)> (Acesso em 18/12/2019)

2º encontro – ande sempre na linha para vencer:

Neste encontro, a proposta foi a construção de um robô que pudesse percorrer, em linha reta, uma distância em um determinado tempo, sendo estes controlados em metros e segundos, respectivamente.

O laboratório de Física da escola apresenta 2 bancadas em mármore com extensão de 7 metros de comprimento por 1 metro de largura, mas caso não houvesse disponibilidade deste, o próprio chão da sala de aula poderia servir para montagem deste trajeto definido ou circuito.

Os alunos deveriam utilizar uma fita adesiva crepe com 18 milímetros de largura

e 2 metros de comprimento para delimitar o curso do robô. Com uma régua de acrílico de 30 centímetros, os alunos deveriam graduar a fita adesivada em escala de 10 centímetros desde o começo até o final da fita, com indicação em cor diferente ao atingir 1 metro na fita, ou seja, na metade dela.

Para a montagem do robô, os alunos foram orientados a escolher a montagem mais simples em detrimento do tempo do encontro, para que seja possível concluir todas as etapas propostas, seguindo as orientações do passo a passo descritas no apêndice A deste trabalho.

Após a montagem do robô, orientou-se os alunos a realizarem a programação direta no bloco inteligente EV3, conforme indicado no apêndice B.

A montagem do circuito proporcionou aos alunos relembrar conceitos básicos para o aprofundamento posterior no conteúdo da Física básica. A elaboração da escala com uma régua de 30 centímetros reforçou a unidade temática Números, que de acordo com a BNCC tem por finalidade desenvolver o pensamento numérico, que implica o conhecimento de maneiras de quantificar atributos de objetos e de julgar e interpretar argumentos baseados em quantidades. Este pensamento numérico não se completa apenas com objetos de estudos descritos na unidade Números e esta atividade proporcionará a ampliação e aprofundamento por meio da discussão que envolve conteúdo das demais unidades temáticas, como a Geometria e Grandezas e medidas.

A Geometria envolve o estudo de um amplo conjunto de conceitos e procedimentos necessários para resolver problemas do mundo físico e de diferentes áreas do conhecimento. Assim, nessa unidade temática, estudar posição e deslocamentos no espaço, formas e relações entre elementos de figuras planas e espaciais pode desenvolver o pensamento geométrico dos alunos. Esse pensamento é necessário para investigar propriedades, fazer conjecturas e produzir argumentos geométricos convincentes. É importante, também, considerar o aspecto funcional que deve estar presente no estudo da Geometria: as transformações geométricas, sobretudo as simetrias. As ideias matemáticas fundamentais associadas a essa temática são, principalmente, construção, representação e interdependência (BRASIL,2017, p.271).

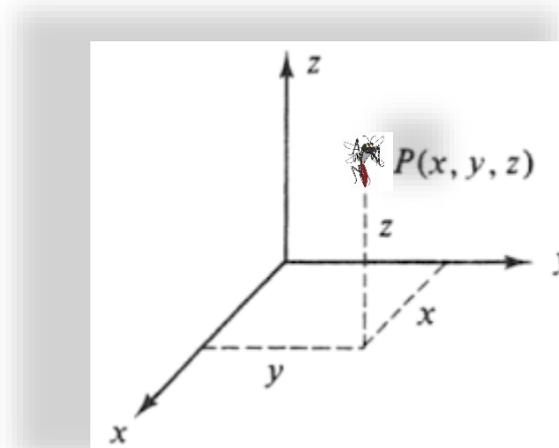
Outro aspecto a ser considerado é que esta aprendizagem contribuiu para o desenvolvimento do pensamento computacional dos alunos, tendo em vista que eles precisaram ser capazes de traduzir uma situação-problema dada, utilizando-se de uma sequência lógica para a experimentação e concretização da teoria por meio da aplicação.

Após a construção do circuito escalonado, da montagem e programação do robô, um novo problema foi proposto aos alunos: Defina a velocidade em metros por segundos ( $m/s$ ) e em quilômetros por hora ( $Km/h$ ) do robô.

Por meio deste experimento, os alunos reforçaram os conceitos de velocidade limitada ao movimento em uma única dimensão, pois o movimento de um corpo no espaço apresenta 3 graus de liberdade: x, y e z.

Entende-se por grau de liberdade as variáveis necessárias para se medir a posição exata de um corpo no espaço. Por exemplo, para se determinar a posição de um mosquito na sala, apenas medindo a sua distância do chão não é suficiente. É preciso medir a distância entre as duas paredes perpendiculares na sala também, formando assim um sistema de três coordenadas perpendiculares que denominamos coordenadas cartesianas, comumente designadas pelas letras x, y e z.

### Representação das coordenadas 3D



FONTE: Elaborado pelo autor

O movimento em uma única direção caracteriza-se pela variação do robô em relação ao ponto de referência inicial, que neste caso será a medida 0 da fita crepe, seguindo o percurso determinado pela fita, variando a distância que será designada pela variável  $s$  em um determinado tempo que será definido pela variante  $t$ .

Assim, a velocidade média do robô foi calculada pela variação da distância percorrida dividida pelo intervalo de tempo que o robô levou para finalizar o circuito:

$$\underline{v} = \frac{S}{t}$$

Como a distância estava indicada em metros e o tempo cronometrado em

segundos, o resultado da equação foi em metros por segundo ( $m/s$ ). A partir deste resultado, buscou-se junto aos alunos a capacidade de conversão das unidades de medida para quilômetros por hora ( $km/h$ ).

Neste exercício de conversão de unidades desenvolveu-se nos alunos a habilidade de interpretar e compreender textos científicos ou divulgados pelas mídias, que empregam unidades de medida de diferentes grandezas e as conversões possíveis entre elas, adotadas pelo Sistema Internacional (SI).

Neste momento de finalização da aula, visando aproveitar o envolvimento dos alunos com a oficina, pode-se ressaltar, a título de curiosidade para eles, a origem do SI e que, com a expansão das relações internacionais a partir da segunda metade do século 20, mostrou-se necessário a adoção de um sistema de unidades bem definidas, de forma a permitir a agilidade no comércio e troca de informações, sobretudo de natureza técnica e científica, por meio da padronização que este sistema propunha.

As definições das principais unidades também podem ser expostas na finalização do encontro, segundo as Conferências Gerais de Pesos e Medidas (CGPM)<sup>5</sup>

- 1- O metro (símbolo m) é o comprimento percorrido pela luz no vácuo, durante um intervalo de tempo  $1/299.792.458$  do segundo.
- 2- O quilograma (símbolo kg) é a massa do protótipo internacional da massa (ou protótipo internacional de quilograma), mantido sob guarda e cuidados do Bureau Internacional de Pesos e Medidas, em Sèvres, Paris, ratificado pela 3.ª CGPM realizada em 1901.
- 3- O segundo (símbolo s) é a duração de  $9.192.631.770$  períodos da radiação correspondente à transição de um elétron entre os dois níveis hiper finos do estado fundamental do átomo de Césio 133.

Estas informações puderam ser transmitidas em forma de questionário de múltipla escolha entregue aos alunos, sendo devolvido no encontro seguinte,

---

<sup>5</sup> A CGPM é constituída pelos países-membros da Convenção do Metro (cerca de 50, atualmente, inclusive o Brasil) e reúne-se com intervalos de quatro a seis anos para tomar conhecimento e decidir sobre a contínua atualização e aperfeiçoamento da definição das unidades, que lhe são propostas pelo Comitê Internacional de Pesos e Medidas, CIPM, bem como sobre tudo que diga respeito à atualização dos valores das Constantes Físicas. O CIPM, cujas reuniões costumam ser anuais, é constituído por 18 membros representantes de outros tantos países e tem a seu cargo a supervisão do Bureau Internacional de Pesos e Medidas.

sugerindo uma tarefa para casa. O questionário encontra-se no apêndice C.

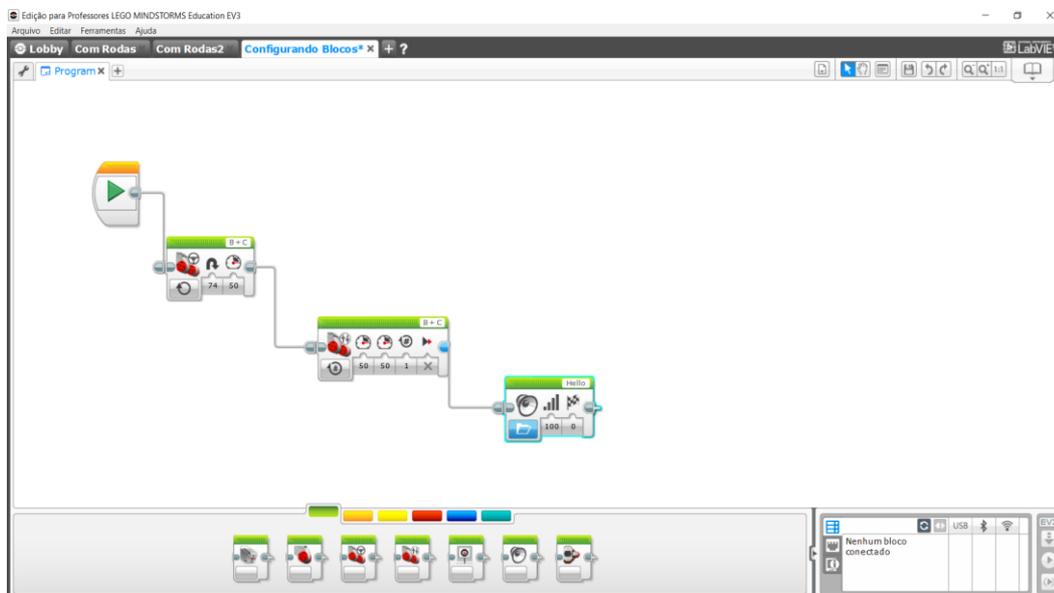
### 3º encontro – O caminho não é fácil, mas traz aprendizado

A proposta deste terceiro encontro foi de iniciá-lo recebendo as atividades entregues no fim do segundo encontro e fazer uma dinâmica sobre as questões, reforçando assim os conceitos propostos pela atividade.

Por conseguinte, o objetivo principal deste encontro foi o de desenvolver, junto aos alunos, a capacidade de programação do robô já construído, utilizando-se, desta vez, do software disponível pela LEGO MINDSTORMS via notebook.

O software apresenta uma linguagem lúdica de programação, com uma forma de utilização bem intuitiva, com caixas de aviso, cores e ícones que facilitam o entendimento.

### Software de programação LEGO MINDSTORMS



Fonte – Print de tela do notebook do autor.

A situação-problema apresentada aos alunos foi a de programar o robô para realizar o trajeto de ida e volta no mesmo programa, ou seja, o robô deveria percorrer a linha utilizada no encontro passado, porém, ao final do percurso deveria realizar uma curva de 180°, retornando para o ponto de origem. Esta programação deveria ser feita com uso do notebook que tivesse instalado o software da LEGO MINDSTORMS.

Segundo Papert (1980), na maioria das situações educacionais em que as crianças entram em contato com os computadores, são eles que orientam, dão o *feedback* e distribuem as informações por meio de exercícios ou atividades com determinado nível de dificuldade. Assim, o computador que acaba programando as crianças.

Neste encontro, a proposta foi justamente proporcionar a inversão desta situação, ou seja, deixar os alunos no controle. Por este motivo, não foi indicado nenhum apêndice ou tutorial para que os alunos realizassem essa tarefa.

Esta experiência, ainda segundo Papert (*op.cit.*), pode ser inebriante por poder transformar o pensamento dos alunos em um pensamento epistemológico, experiência esta que nem mesmo pela maioria dos adultos é compartilhada.

Esta imagem da criança com pensamento epistemológico chamou a atenção de Papert quando ele trabalhava com Piaget, em 1964, no Centro de Epistemologia Genética de Piaget, em Genebra. Segundo Papert (1981), em seu relato no livro "*Computers and Computer Cultures*", ver as crianças como construtoras ativas de suas próprias estruturas intelectuais era impressionante. Isto quer dizer que o fato de as estruturas intelectuais serem construídas pelos alunos e não pelos professores não indica que sejam construídas a partir do nada. As crianças desenvolvem sim esses componentes do pensamento e outros componentes do conhecimento de forma pré-consciente e espontânea, como as habilidades envolvidas na lógica e algoritmos, mas se desenvolvem lentamente ou mesmo nunca se desenvolveriam sem a educação formal.

Assim, permitindo aos alunos a construção deste conhecimento por meio da programação, o processo de aprendizagem foi transformado, tornando os alunos mais ativos e autônomos de seus conhecimentos.

A autonomia, enquanto amadurecimento do ser para si, é processo, é vir a ser. Não ocorre em data marcada. É neste sentido que uma pedagogia da autonomia tem de estar centrada em experiências estimuladoras da decisão e da responsabilidade, vale dizer, em experiências respeitadas da liberdade (FREIRE, 1996, p.107).

Esta experiência incluiu os elementos necessários para transformar os alunos em pensadores formais, que, de acordo com Piaget, está associado ao pensamento combinatório, em que é preciso raciocinar em termos do conjunto de todos os estados possíveis de um sistema e pensamento autorreferencial sobre o próprio pensamento.

Assim, a experiência proposta por este encontro pode permitir ao aluno trazer à tona seu pensamento, testando suas ideias exteriorizando-as por meio da programação do robô, que começa a refletir sobre como o robô executa e como o aluno gostaria que ele executasse os comandos. Desta forma, é como se os alunos estivessem “ensinando” o robô nas suas ações e, ao perceber o resultado deste “ensinamento” por meio da execução do programa pelo robô, os alunos puderam refletir sobre suas próprias ações e pensamentos, aumentando a complexidade a cada novo desafio proposto ao robô, que foi oferecido nos encontros seguintes.

#### 4º encontro – use e abuse do seu celular

Para este encontro foi necessário o aumento do circuito inicial que consistia em apenas uma reta. O circuito proposto a ser construído está disponível no apêndice D. Vale ressaltar que o circuito poderia ser alterado a critério do professor, sendo este circuito apenas uma sugestão que propôs aos alunos trabalharem com conceitos de geometria.

Um dos objetivos principais deste encontro foi demonstrar, tanto para os alunos quanto para o professor, a relevância do celular atrelado à Robótica como ferramenta tecnológica potencializadora do processo de ensino-aprendizagem, conferindo-lhe a função de recurso pedagógico.

Segundo Rojo (2012), “em vez de proibir o celular em sala de aula, posso usá-lo para a comunicação, a navegação, a pesquisa, a filmagem e a fotografia”, demonstrando assim a facilidade que esta ferramenta apresenta para resolver problemas e incentivar seu uso como um aliado aos educadores e educandos.

A facilidade de conexão entre o robô e o celular, bem como a forma de controlar o robô para realizar o circuito deveria impressionar ambos quando comparado ao encontro anterior, pois se estima que os alunos teriam que se dedicar por aproximadamente uma hora somente na programação via computador. A desvantagem é que o robô perde sua autonomia como quando programado, ou seja, após a programação feita pelos alunos, bastaria executar o programa que a partir do “Enter”, o robô passaria a fazer o circuito sozinho, diferentemente de quando usassem o celular, onde o comando foi feito de forma instantânea, transformando o *smartphone* em uma espécie de controle-remoto.

Assim, o uso dessas tecnologias interligadas e complementares uma à outra permitiu ao educador uma visão diferenciada da necessidade do uso de *smartphones* em sala de aula, rompendo assim possíveis paradigmas que este educador tenha sobre esta polêmica questão, criando uma análise autocrítica que possibilitará a transformação de sua práxis, tendo em vista que estes aparelhos e demais tecnologias fazem parte da cultura desta geração, com uma tendência progressiva, não se podendo voltar a ser como era antes.

O educador deve ser um antropólogo. O educador como antropólogo deve trabalhar para entender quais materiais culturais são relevantes para o desenvolvimento intelectual: Então, ele ou ela precisa entender quais tendências estão ocorrendo na cultura. A intervenção significativa deve assumir a forma de trabalhar com essas tendências (PAPERT, 1980b, p.88).

A discussão sobre o uso de dispositivos móveis na aprendizagem acabou recebendo a atenção da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) que disponibiliza em sua página<sup>6</sup> uma versão *draft* de Diretrizes Política para a Aprendizagem Móvel, definindo claramente estes dispositivos como digitais, portáteis e geralmente conectados a uma rede, podendo facilitar qualquer número de tarefas como: comunicação, armazenamento de dados, gravação de vídeo e áudio além de ser onipresente, principalmente em países em desenvolvimento, pois empregam *hardwares* muito mais acessíveis pela facilidade de instalação, custos baixos e com acessos amplamente liberados a esta tecnologia.

Assim, precisamos pensar em como estas tecnologias da informação podem transformar nossos hábitos nas escolas relacionados ao processo de ensino-aprendizagem.

Segundo Lemke (1994), o processo contemporâneo de aprendizagem e educação encontra-se como dois paradigmas em conflito na sociedade e estas novas tecnologias poderão mudar significativamente este entrave, trazendo o equilíbrio entre eles. O primeiro paradigma é o de aprendizagem curricular, que é o dominante nas escolas e universidades hoje. Este assume que alguém decidirá o que o aluno precisa saber por meio de um planejamento ordenado cronologicamente.

Já no segundo, o paradigma da aprendizagem interativa assume que o aluno

---

6

<<[http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/ED/pdf/UNESCO\\_Policy\\_Guidelines\\_on\\_Mobile\\_Learning\\_DRAFT\\_v2\\_1\\_FINAL\\_2\\_.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/ED/pdf/UNESCO_Policy_Guidelines_on_Mobile_Learning_DRAFT_v2_1_FINAL_2_.pdf)>> (Acesso em 25/04/2020)

é que determina o que ele precisa saber, baseado na participação de atividades que surgem, mediante uma necessidade, e em consulta a especialistas conhecedores. Este apresenta foco maior ao acesso à informação em detrimento à imposição à aprendizagem. É o paradigma usado por aqueles que criaram a *internet* e o ciberespaço.

E é neste conflito que este encontro também irá trabalhar, demonstrando ao professor, inicialmente intimidado com o uso desta tecnologia por não ter sido preparado para isto durante sua formação, que a liberação do uso do *smartphone* como ferramenta para solução de problemas apresentados no processo de aprendizagem pode contribuir significativamente para a autonomia do aprendiz dos alunos.

#### 5º encontro – nem todo circuito é curto

Neste encontro, a proposta foi a ampliação do encontro 3, pois o circuito não era apenas uma reta onde os alunos teriam que fazer o robô ir e voltar. No novo circuito, conforme apêndice D, o nível de exigência da programação seria aumentado significativamente. O professor deveria apresentar o problema que seria: programar o robô para perfazer o circuito saindo da linha de início, retornando no balão de retorno e voltar para a linha de início. Esta tarefa, diferentemente do encontro 3, que era individualizada, deveria ser realizada em grupo, promovendo assim uma discussão prévia entre eles para que decidissem, em equipe, qual seria a melhor estratégia utilizada para a complexa programação.

O professor deveria deixar a equipe trabalhar de forma livre, passando apenas algumas orientações sobre as regras da situação-problema apresentada:

- 6- O robô não pode parar depois que entrar no circuito;
- 7- O robô não poderá tocar nas faixas de delimitação da pista durante a passagem em qualquer ponto do circuito, inclusive no balão de retorno;
- 8- O circuito deve ser realizado no menor tempo possível pelo robô;
- 9- O retorno do robô, no balão de retorno, deve seguir o sentido horário;
- 10- Na programação, deve-se utilizar a menor quantidade de comandos possíveis, deixando a programação o mais simples que conseguirem.

Este encontro trabalhou fundamentalmente os princípios de atuação em equipe, algoritmos e lógica durante a programação, situações de trabalho sobre pressão devido ao tempo do encontro e da complexidade da programação, gerenciamento de conflitos e análise e solução de problemas, não deixando obviamente o foco deste trabalho de fora do encontro pois, a resolução da situação-problema apresentada passará, obrigatoriamente, pelos conceitos de Movimento Uniformemente Variado (MUV) no qual a velocidade escalar do robô varia no decorrer do tempo em segmentos do circuito proposto revelando assim, por meio da experimentação, a definição de aceleração positiva e aceleração negativa.

O trabalho em equipe, ou grupo de trabalho, é definido por Robbins (2009) como sendo a reunião de dois ou mais indivíduos, interdependentes e interativos, que buscam a obtenção de um determinado objetivo comum entre eles. Espera-se que durante a busca da solução para a situação-problema apresentada aos alunos, o trabalho em equipe possa melhorar o desempenho dos indivíduos pois esta tarefa requer múltiplas habilidades, julgamentos e experiência, tornando os alunos mais flexíveis e reagindo melhor às mudanças por meio desta "identidade coletiva".

Segundo Habernas (1990, *apud* BAPTISTA, 2002, p.33):

uma instância extremamente importante neste momento é a "identidade coletiva"- que dá sentido de continuidade para os indivíduos, por adotarem papéis normas e valores válidos para todos os componentes do grupo, o que reafirma constantemente a realidade objetiva e subjetiva. Uma relação positiva entre condições subjetivas e objetivas permite o sucesso de uma socialização secundária.

Além desta socialização, o experimento propiciou também o desenvolvimento de outras competências essenciais para o viver em sociedade, como a cognição e a comunicação.

Em continuidade à resolução do problema, os alunos poderiam definir as características da lógica e algoritmos de programação, dado que a lógica é definida como a arte de pensar corretamente, visando a ordenação do pensamento, que quando descritos em uma sequência finita de passos com intuito de levar à execução de uma tarefa, como uma instrução ou tutorial, tem-se o algoritmo.

Assim, segundo Piaget (1983), em sua obra Epistemologia Genética, destaca-se a ação do alunos como sujeitos sobre o robô como objeto, abstraindo informações, pois o robô irá reagir à ação dos alunos em sucessivas interações promovendo aos alunos a construção de relações entre a reflexão das suas ações e o resultado de

suas abstrações, constituindo assim o processo de construção do conhecimento.

Essas sucessivas interações, promovidas pela experimentação do encontro, demonstraram aos alunos que existe um complicador na tarefa: o tempo previsto para o encontro. Ao perceberem que o tempo não favorece o grupo, limitando-se assim a quantidade de experimentações, surge o conflito, do latim *conflictus*, que significa discordância ou choque, promovendo assim a reflexão entre o grupo de que sem o alinhamento na busca pelo mesmo objetivo, a tarefa não será realizada a tempo, promovendo assim o gerenciamento de conflito.

Essas zonas indeterminadas da prática - a incerteza, a singularidade e os conflitos de valores - escapam aos cânones da racionalidade técnica. Quando uma situação problemática é incerta, a solução técnica de problemas depende da construção anterior de um problema bem-delineado, o que não é, em si, uma tarefa técnica. (SCHÖN, 2009, p.17)

Ademais, desde o primeiro instante do encontro até a sua finalização, destacou-se a aderência ao Projeto Político-Pedagógico (PPP) da escola em seus três elementos que são considerados no modelo pedagógico institucional de ensino, na formação profissional, bem como no planejamento curricular:

1. Capacidade de resolver problemas - exige uma abordagem interdisciplinar, uma vez que a interdisciplinaridade surge principalmente devido à incapacidade de resolver problemas isoladamente - com foco numa única disciplina, numa única área do conhecimento, surge também da necessidade de analisar os vários aspectos de um mesmo problema, por meio de reunião dos profissionais e estudiosos de várias áreas do conhecimento;

2. Capacidade de decidir - por meio de uma seleção de informações a partir de uma escala de princípios e valores; e

3. Capacidade de continuar aprendendo - como forma de responder à contínua diversificação e mudanças na sociedade.

## 6º encontro – Trocando as rodas

*“O que eu ouço, eu esqueço.*

*O que eu vejo, eu lembro.*

*O que eu faço, eu entendo”.*

*Confúcio*

Neste encontro, o professor deverá apresentar a situação-problema por meio de uma pergunta inicial, ao aluno, que deve ser registrada via vídeo: Se você substituir as rodas do robô por rodas maiores, mantendo a mesma programação do robô para andar em linha reta, você acha que o robô vai se deslocar mais ou menos em relação às rodas menores?

Esta pergunta, deve apresentar os conhecimentos prévios adquiridos pelos alunos, servindo também de um indicador de falhas de aprendizagens anteriores.

De acordo com Cury (2004), a identificação destas falhas ajuda o professor a orientar o aluno de acordo com suas necessidades assim como o descarte desta indicação faz com que o professor deixe de melhorar sua prática diante desta informação de elevado potencial didático, que poderia ser trabalhado por meio de questionamentos, inquietações e, principalmente como no caso deste trabalho, por experimentações que possam trazer novas concepções no processo de ensino-aprendizagem.

Um erro que parece pequeno e sem importância aos olhos dos alunos, como é o erro de sinal, pode trazer inúmeras dificuldades embutidas, em operações elementares ou na aplicação de fórmulas específicas. Entender qual é o problema, discuti-lo com os alunos, partir das respostas para construir novas perguntas, tudo isso pode esclarecer problemas não resolvidos que se arrastam, às vezes, desde as séries iniciais (CURY, 2004, p.111).

Assim, a ideia do vídeo é registrar e validar a hipótese de que, o aprendizado da física e geometria, quando realizado com base nos livros textos, onde a realização de exercícios e aplicações de fórmulas prontas são utilizados massivamente como ferramenta pedagógica, tende a falhar quando o aluno necessita resgatar esses conhecimentos para aplicação em um problema real de seu cotidiano.

Neste caso, resgata-se a definição de perímetro junto ao aluno e, conseqüentemente, das demais definições inerentes a este domínio como as de circunferência, o número constante pi ( $\pi$ ), diâmetro e raio de um círculo.

O perímetro é definido como a medida de contorno de uma figura ou objeto bidimensional. O perímetro de um círculo, ou sua circunferência, é calculado com o uso da fórmula  $P = \pi \cdot d$  onde:

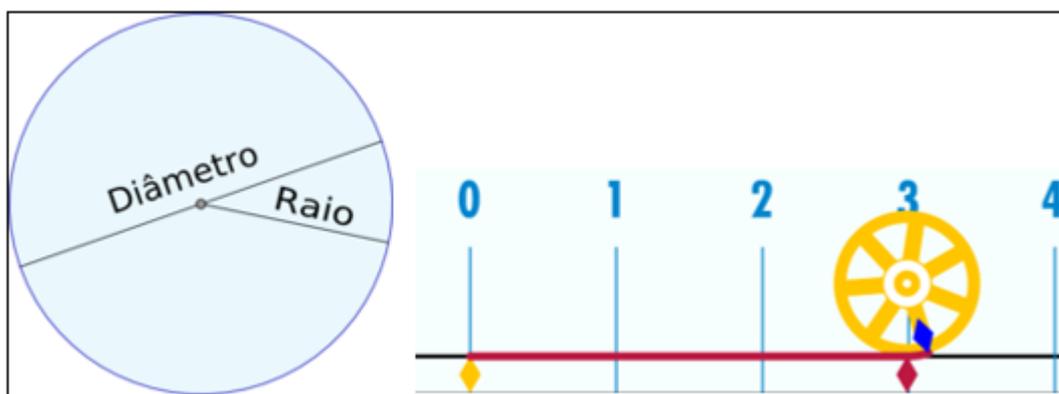
$P$  = Perímetro

$\pi$  = proporção numérica definida pela relação entre o perímetro de uma circunferência e seu diâmetro, de valor aproximado a 3,1415926...

$d$  = segmento de reta que que toque a circunferência em dois pontos, passando

pelo seu centro, ou seja, diâmetro. Sua metade, é denominada raio.

### Representação gráfica das definições do encontro



Fonte: Adaptado de Wikipédia <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Pi-unrolled-720.gif>

Na figura, considerando que a roda apresente diâmetro = 1, sua circunferência ou a distância que a roda irá percorrer em uma revolução, será igual a  $\pi$ .

Esta experimentação, também vem ao encontro com uma das habilidades propostas pela BNCC, na organização curricular de geometria e medidas, por meio do desenvolvimento da habilidade de “participar de ações adequadas às demandas da região, preferencialmente para sua comunidade, envolvendo medições e cálculos de perímetro de área, de volume, de capacidade ou de massa.” (BRASIL, 2018a)

Além da BNCC, o conteúdo de Geometria Plana também é destacado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's), em seu volume relativo à Matemática:

Os conceitos geométricos constituem parte importante do currículo de Matemática no ensino fundamental, porque, por meio deles, o aluno desenvolve um tipo especial de pensamento que lhe permite compreender, descrever e representar, de forma organizada, o mundo em que vive. [...] O trabalho com noções geométricas contribui para a aprendizagem de números e medidas, pois estimula a criança a observar, perceber semelhanças e diferenças, identificar regularidades e vice-versa (BRASIL, 1997b, p.39).

Durante a experimentação, os alunos poderão, de forma lúdica, entender não só a aplicação teórica da geometria ao evidenciarem que quanto maior o perímetro, no caso a roda, maior será o deslocamento do robô, mas também vislumbrarão o conceito de velocidade angular, ao perceberem que além de um deslocamento maior, as rodas maiores também proporcionam um aumento de velocidade considerado, fato este que será reforçado no encontro seguinte.

Ao final do encontro, o professor deve gravar novamente os alunos, realizando

a mesma pergunta, após o experimento de forma a identificar a contribuição do exercício para o aprendizado dos alunos.

#### 7º encontro – A força circular está com vocês

Neste encontro, busca-se a ampliação do conhecimento construído na aula passada, porém demonstrando que o tamanho das rodas interfere também em outros fatores: A velocidade angular e o torque.

Uma breve introdução teórica sobre mecanismos faz-se necessária para fixar os conceitos aos alunos e quebrar os paradigmas do professor, que por anos em sua profissão, utiliza-se dos mesmos exemplos a cada nova turma evidenciando o déficit na reflexão da prática pelos professores, conforme apontado por John Dewey (2010).

O fato de um professor ter 10 anos de docência, não quer necessariamente dizer que ele tem 10 anos de experiência. Pode ser que ele tenha apenas 1 ano de experiência repetido 10 vezes.

Com frequência, entretanto, a experiência que se tem é incompleta. ... Em contraste com tal experiência, temos uma experiência quando o material experienciado segue seu curso até sua realização. Então, e só então, ela é integrada e delimitada, dentro da corrente geral da experiência, de outras experiências (DEWEY, 2010, p.89).

Esta ausência da reflexão à prática, também é apontada por Nóvoa (2007) quando atribui aos modelos tradicionais de formação de professores, que é aprisionado por meio de modelos teóricos muito formais, a baixa importância recebida sob este aspecto.

O desafio é a formação mais centrada nas práticas e na análise das práticas. A formação do professor é, por vezes, excessivamente teórica, outras vezes excessivamente metodológica, mas há um déficit de práticas, de refletir sobre as práticas, de trabalhar sobre as práticas, de saber como fazer (NÓVOA, 2007, p.14).

E é sobre esta possibilidade de reflexão da prática docente no ensino da física, que a robótica se apresenta aqui como uma ferramenta inovadora, e as experimentações propostas, devem surpreender não só os alunos, mas o professor ao perceber as inúmeras possibilidades de ensino por meio da prática não tradicional.

Este encontro propõe a construção dos saberes relacionados à mecânica por meio dos mecanismos disponíveis no KIT LEGO, diferentemente de todos os exemplos disponíveis nos livros textos de física ou do famoso exemplo dado por grande partes dos professores de física, que ao se referirem à engrenagens, utilizam-

se comumente da bicicleta com marchas para tentar aplicar um exemplo lúdico aos alunos, mas que tem pouca eficiência.

“Chamamos de mecanismos um conjunto de corpos, em que um deles é fixo, ligados entre si por pares cinemáticos com propósito de transmitir ou transformar um determinado movimento” (FLORES; GOMES, 2014). A transmissão de movimentos, neste caso, é promovida pelo contato entre as rodas de atrito ou rodas dentadas, conhecidas como engrenagens.

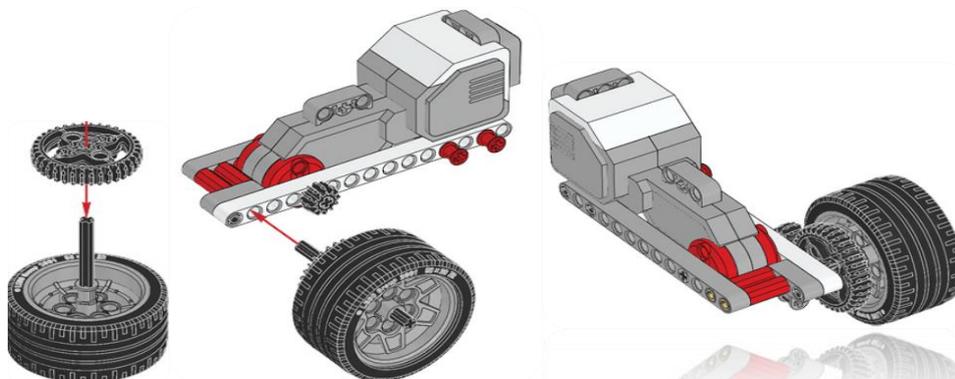
### Engrenagens



Fonte: Cinemática e Dinâmica de Engrenagens – Universidade do Minho

As engrenagens podem ser denominadas de motora ou movida. Motora é aquela que está acoplada ao motor e, portanto, fornece o movimento a outra engrenagem que chamamos de movida. Na figura abaixo, iniciaremos a montagem da engrenagem menor como sendo a motora, ou seja, acoplada ao motor de tração do robô e a engrenagem maior como sendo a movida, que é acoplada à roda do robô:

### Montagem da engrenagem motora menor



Fonte: Programa LEGO MINDSTORMS Education EV3. Disponível em: <https://education.lego.com/en-us/downloads/mindstorms-ev3/software>

A partir desta montagem, a situação-problema a ser apresentada aos alunos é:

Nesta configuração, onde engrenagem da roda é maior do que a engrenagem do motor, a velocidade angular da roda será maior ou menor de quando invertermos as mesmas?

Esta situação promoverá aos alunos a utilização de cálculos mentais que, a partir do trabalhado no encontro anterior, serão induzidos ao erro que será eliminado e entendido por meio da prática. No encontro anterior, a roda maior percorreu uma distância maior assim como a uma velocidade também maior. No caso das engrenagens, como quem transmite o movimento é a motora, que neste caso é a menor, o efeito será inverso. Assim que os alunos perceberem, pela experimentação, o resultado do problema proposto, passarão a entender os princípios básicos da velocidade angular.

Entende-se por velocidade angular como a grandeza que mede a rapidez com que é feito um percurso em sentido circular, no nosso caso, o percurso da roda ou a variação do ângulo por ela percorrido no intervalo do tempo. Conforme o SI, ela é representada pela letra grega ômega minúsculo ( $\omega$ ) e sua unidade é dada em radianos/segundo (rad/s), em virtude de a medição do deslocamento ser medida em ângulo. Uma volta completa da roda tem  $360^\circ$  ou  $2\pi$  radianos.

Assim, definimos a fórmula da velocidade angular como:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{t}$$

Onde:

$\omega$  = Velocidade angular média;

$\Delta\varphi$  = deslocamento angular;

t = intervalo de tempo do movimento.

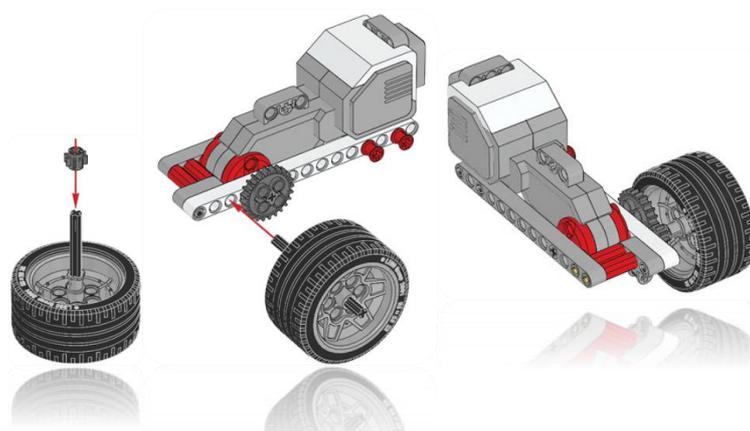
Também usamos na mecânica, a rotação por minuto (rpm) para medir a velocidade angular. A fórmula para conversão de rpm em rad/s, é descrita a seguir:

$$1 \text{ rpm} = 1 \frac{\text{rotação}}{\text{minuto}} = \frac{2 \text{ rad}}{60\text{s}} = 0,105 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Após a montagem do mecanismo no robô, os alunos devem executar a programação de andar em linha reta, fazer as anotações de deslocamento do robô e o respectivo intervalo de tempo. A distância deverá ser convertida em rotações, por meio do perímetro, abordado no encontro anterior, para então poderem definir a velocidade angular média.

Finalizado todos os cálculos, o professor deve pedir aos alunos que realizem o mesmo procedimento novamente, invertendo apenas as engrenagens, conforme a seguir:

### Montagem da engrenagem motora maior



Fonte: Programa LEGO MINDSTORMS Education EV3. Disponível em: <https://education.lego.com/en-us/downloads/mindstorms-ev3/software>

Após a repetição do experimento os alunos devem elaborar um relatório descritivo sobre os principais conhecimentos adquiridos com este encontro.

### 8º encontro – Das rodas para as rodas dentadas

Em continuidade ao encontro anterior, utilizando-se das mesmas montagens dos mecanismos e relações de engrenagens, a situação-problema a ser apresentada aos alunos neste encontro será: Qual das montagens, em relação às engrenagens, permitirá ao robô rebocar a maior carga atrelada a ele? Este problema apresentado proporcionará aos alunos obterem a definição, de forma lúdica, os conceitos de torque, momento angular e atrito, já que com o reboque as rodas tenderão a perder aderência com a mesa do laboratório.

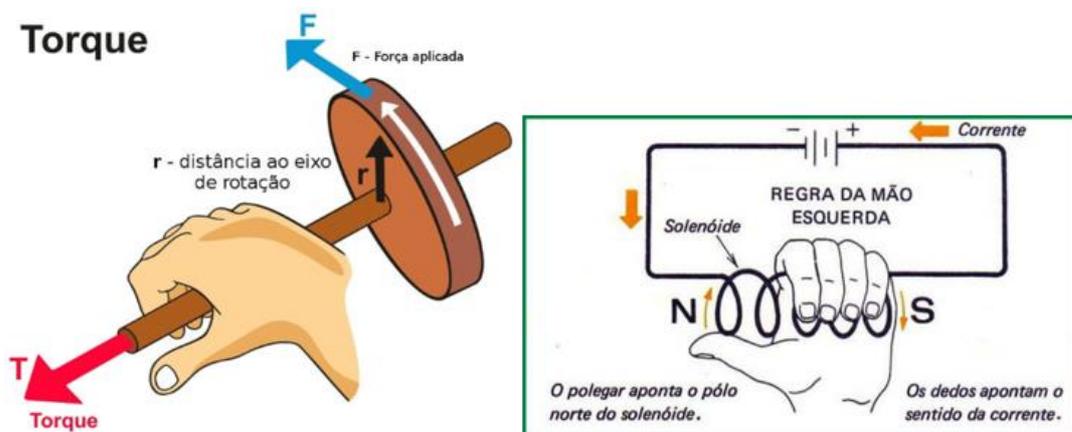
O torque é o agente dinâmico da rotação ou, contextualizando para nosso encontro, a medida da força capaz de girar a engrenagem ao redor do eixo acoplado ao motor. Segundo Belaçon e Silva (2018), a partir do instante em que a engrenagem executa então um movimento de rotação em torno deste eixo, temos então o momento angular.

Geralmente, muitos professores de Física utilizam-se de recursos mnemônicos na tentativa de explicação destes conceitos e este pode ser uma das causas de pouca

eficiência da aprendizagem, como por exemplo a Regra da mão direita, criada originalmente pelo físico John Ambrose Fleming, que sugere uma forma de memorização sem um significado aparente, de forma pouco sugestiva, para indicar o sentido do vetor do torque. Apesar do uso desta regra ser por convenção, ela ainda é amplamente utilizada em física na tentativa de ensinar ludicamente aos alunos a estrutura da mecânica vetorial em problemas que envolvem o momento angular, geralmente no 1º ano do ensino médio.

Esta memorização é induzida ao conflito quando falamos de armazenamento de conceitos, pois no 3º ano do ensino médio, os alunos passam a estudar eletromagnetismo e então, muda-se a convenção para a Regra da mão esquerda, confundindo assim os alunos, tentando fazê-los memorizar algo em que eles deixam de ter atenção, pelo fato das misturas de convenções criarem entre os alunos, motivo para sátiras e ironias que desviam o foco do aprendizado.

#### Regra da mão direita e da mão esquerda utilizadas em Física



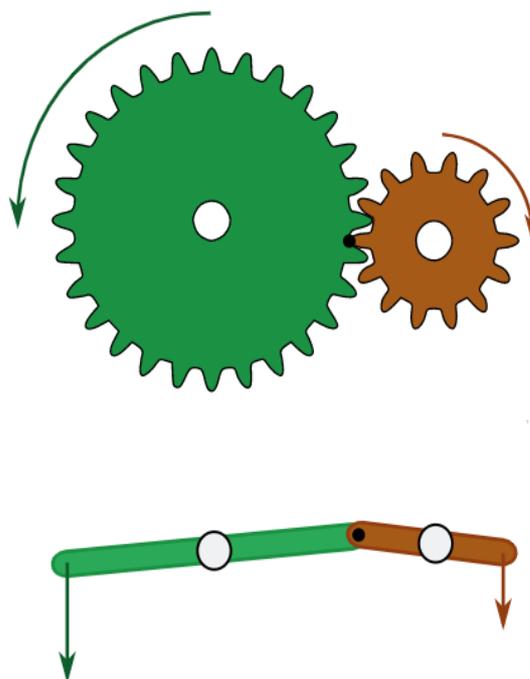
Fonte: Eletromagnetismo < [http://www.ezuim.com/ead\\_eb/eb04/eletromag.pdf](http://www.ezuim.com/ead_eb/eb04/eletromag.pdf)>

Com o robô na configuração de engrenagem maior como motora e a menor como movida, o professor deverá iniciar a pesagem da carga do reboque e registrar para que os alunos possam iniciar a experimentação.

Deve ser nomeado um aluno como relator dos experimentos, para fazer todas as anotações que deverão ser utilizadas posteriormente no relatório final do encontro, onde os alunos deverão, a partir da prática, compreender a relação existente entre torque e velocidade angular e a relação existente na mecânica, que define que o aumento de torque diminui a velocidade de rotação assim como a diminuição deste,

vem com o aumento da rotação. Na prática, engrenagens maiores apresentam maior torque e menor velocidade de rotação enquanto as engrenagens menores, apresentam menor torque e maior velocidade de rotação. Esta montagem lúdica, com o mecanismo de duas engrenagens dentadas também pode ser demonstrado, aos alunos, como equivalente à uma interação de um par de alavancas:

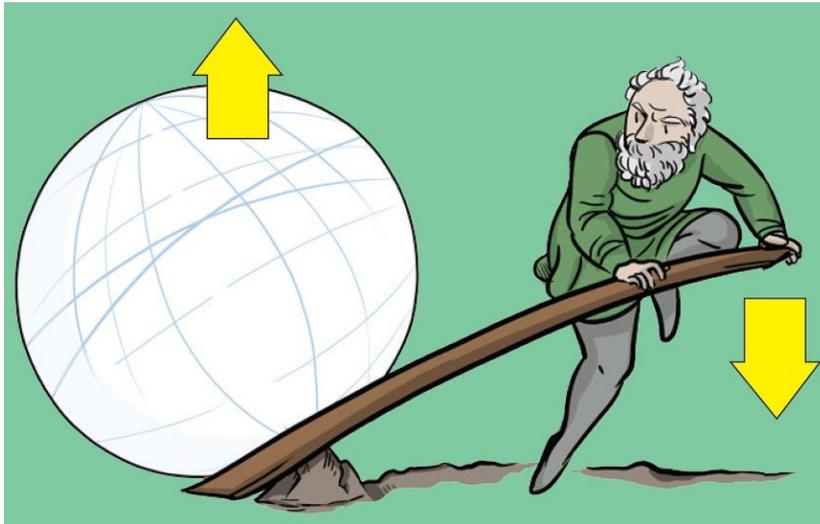
### O mecanismo de duas engrenagens visto como a interação de duas alavancas



Fonte: Khan Academy – Ciências>Física>Torque e Momento Angular

Desta forma, os alunos poderão correlacionar o torque baseado no princípio da alavanca, descoberto por Arquimedes no século III a.C., que na física é tida como um objeto rígido usado com um ponto fixo apropriado para multiplicar a força mecânica que pode ser aplicada a um objeto. Esta força amplia-se de acordo com o comprimento da alavanca, ou seja, quanto maior o braço da alavanca, maior será a força resultante na extremidade oposta.

**Dê-me uma alavanca e um ponto de apoio e levantarei o mundo**



Fonte: inco.Scienza – incontriamo la Scienza – N.Zanasi

Ao finalizar estas experimentações, o professor deverá solicitar aos alunos que realizem as tarefas contidas no apêndice E deste trabalho, visando amplificar o aprendizado construído sobre os conceitos de relações de transmissão por engrenagens.

**9º encontro – Se adere, derrapa. se é liso, patina!**

Neste encontro, com base nos experimentos anteriores onde os alunos utilizaram um reboque acoplado ao robô, o objetivo principal será o de demonstrar o conceito das forças de atrito atuantes no conjunto.

A evolução deste conceito nos modos de raciocínio dos alunos demonstra estar comprometida por uma série de fatores que passam desde a formação de professores na falta de atualização do currículo das Licenciaturas (OLIVEIRA; MILL, 2020b), a escolha dos egressos pela carreira de pesquisador em Física Básica ou aplicada em detrimento ao ensino de Física (GRANDINI; GRANDINI, 2004), dificuldades enfrentadas pelos alunos no trabalho de laboratório por uma concepção inadequada e falta da compreensão de uma teoria física (MARINELLI; PACCA, 2006) até a disponibilidade de livros rasos no assunto, em sua esmagadora maioria.

Constatou-se, em resumo, que a escolha de um quadro restritivo para falar sobre as leis do atrito, talvez na tentativa de simplificar e tornar mais acessível um assunto, que não é tão evidente assim, omite pontos importantes, quando não deixa outros tantos ambíguos ou aparentemente contraditórios, levando

muitas vezes a incorreções ou interpretações que poderiam ser evitadas. Desta forma, os livros analisados não dão a contribuição que poderiam dar para ajudar a colocar em causa o status adquirido pelas forças de atrito, no que diz respeito ao sentido destas forças, e mesmo, muitas vezes, contribuem para reforçá-lo (CALDAS; SALTIEL, 1999, p.548).

Diante de todos esses problemas indicados pelas pesquisas supra, chama a atenção a pesquisa de (MALDANER; ZANON; AUTH, 2015), que aborda os avanços na produção científica em Ciências e Matemática, destacando a ampla preocupação destas pesquisas na aprendizagem e desenvolvimento dos estudantes e nos métodos de ensino. No entanto, na área de Física, as pesquisas e os resultados destas produções não chegam às salas de aula. Os autores, ainda, atribuem a esse fato o “despreparo dos professores, a sua prática acomodada de dar aulas, às condições de trabalho, às orientações curriculares instaladas nas escolas, à falta de material para o ensino e outros” (MALDANER; ZANON; AUTH, 2015).

Diante de tantas lacunas registradas nas pesquisas com relação a deficiência do processo de ensino-aprendizagem da disciplina de Física, seria utópico querer, com este trabalho, eliminar todas elas apresentando uma fórmula pronta para a solução dos problemas. Por outro lado, espera-se com esta pesquisa apresentar, dentre as inúmeras propostas possíveis, uma possibilidade de atingir positivamente às salas de aula por meio da experimentação com uso da robótica.

Neste caso, diante de tamanha ineficiência relacionada ao ensino das forças de atrito inerentes ao conteúdo de Física, surge a possibilidade de revelar aos alunos algo que não mais é invisível, como nos moldes dos livros didáticos e do quadro negro, mas que é experimentado e passível de interferências práticas com resultados imediatos sobre elas, levando assim os alunos a idealizarem hipóteses teóricas com oportunidade de validar ou invalidar essas hipóteses pelas tentativas e erros cometidos e aprendidos no tempo real da oficina.

Esse experimento, não teve como objetivo transformar os alunos em calculistas especialistas das forças em questão, mas sim demonstrar aos educandos que quando a roda do robô girar em falso, não promovendo o deslocamento do mesmo em relação ao piso que está apoiado, existe aí um baixo atrito do piso em relação aos pneus das rodas do robô. Desta forma, os alunos passarão a experimentar pisos diferentes para variar a força de atrito e cargas diferentes no robô para alterar a força resultante das rodas em relação ao piso.

Espera-se com estas experimentações que os alunos não só visualizem esses componentes das forças em trabalho, mas que também possam exercitar alguns cálculos mentais sobre as resultantes que foram hipoteticamente idealizadas a partir do erro vivenciado na experimentação anterior.

Ademais, esperava-se gerar no ambiente uma motivação por parte dos alunos que buscarão sempre os acertos em detrimento dos erros dos demais participantes, promovendo assim uma competição entre os integrantes do grupo de forma a construir novos saberes diante das discussões oriundas destas práticas.

Assim, atendendo às orientações curriculares para o ensino médio, elaboradas pelo Ministério da Educação (MEC), busca-se uma das características mais importantes do processo de aprendizagem na escola: a atitude reflexiva e autocrítica diante dos possíveis erros. (BRASIL, 2006b)

Outro resultado esperado com este encontro era o de demonstrar ao professor que é possível a migração do projeto de ensino para o projeto de aprendizagem.

É necessário reconhecer que o projeto de ensino, aquele que a escola pretende ensinar por meio do professor como mediador e detentor dos conhecimentos, nem sempre é o que os alunos têm a intenção de aprender, pois exige que os educandos assumam a postura de receptores passivos deste conhecimento.

A dinâmica proposta do encontro visou possibilitar ao professor a capacidade de autorreflexão ao perceber que o projeto de aprendizagem, aquele em que o aluno é quem constrói o conhecimento de forma colaborativa, permite um envolvimento dos alunos por serem os protagonistas na aprendizagem, cabendo ao professor o papel de mediador, facilitando o conhecimento. Esse envolvimento é comprometido no projeto de ensino para as disciplinas de física.

Ao permitir que os educandos se tornem protagonistas do conhecimento, a competência investigativa resgata o espírito questionador e o desejo de conhecer o mundo em que se habita, alcançando assim uma autonomia intelectual que é conseguida justamente por não se prender a um modelo fechado, como proposto no projeto de ensino, com conteúdo e cronogramas a serem rigorosamente cumpridos.

Por fim, este encontro busca a contextualização como recurso didático:

A contextualização como recurso didático serve para problematizar a realidade vivida pelo aluno, extraí-la do seu contexto e projetá-la para a análise. Ou seja, consiste em elaborar uma representação do mundo para melhor compreendê-lo. Essa é uma competência crítico-analítica e não se reduz à mera utilização pragmática do conhecimento científico (BRASIL, 2006a, p.51).

Esta problematização também é abordada por Freire (2014), que destaca a importância fundamental desta à educação, pois é a partir desta problematização que, colocada como problema para os homens, propõe-lhes admirar criticamente sua ação e a de outros sobre o mundo, tomando conhecimento da forma como estavam conhecendo, reconhecendo assim a necessidade de conhecer melhor.

#### 10º encontro – na crise, tire o “s” e crie

"Antes de qualquer tentativa de discussão de técnicas, de materiais, de métodos para uma aula dinâmica assim, é preciso, indispensável mesmo, que o professor se ache "repousado" no saber de que a pedra fundamental é a curiosidade do ser humano."

Paulo Freire<sup>7</sup>

Neste encontro, o objetivo foi o de desenvolver a criatividade dos alunos pela proposta de construção de um robô com materiais recicláveis, buscando a integração entre a avançada tecnologia e o meio-ambiente, demonstrando assim que toda e qualquer construção futura deve ter sempre uma premissa inerente aos projetos: a de ser uma construção que atenda aos princípios da sustentabilidade.

Para o professor, o encontro buscou levá-lo à reflexão de que é possível a utilização da Robótica Educacional mesmo em escolas com poucas ou nenhuma condições de adquirir os Kits prontos de Robótica, tendo em vista o elevado custo comercial destes que têm se apresentado como uma das principais desvantagens da robótica educacional com uso destes tipos de kits.

A Robótica Educacional de baixo custo, como apresentada por alguns pesquisadores (GONÇALVES, 2007; CURCIO, 2008; CÉSAR,2009; MIRANDA, SAMPAIO e BORGES, 2010; SILVA, 2011; AROCA,2012; ARAUJO,2013; CÉSAR, 2013; FABRI JUNIOR, 2014;) baseia-se na criação de dispositivos robóticos com uso de sucatas e em softwares livres como base para programação destes dispositivos. Chamamos esta modalidade de Robótica Livre.

Danilo César (2013) define a robótica livre como o conjunto de processos e procedimentos envolvidos em propostas de ensino e aprendizagem que utilizam os *kits* pedagógicos e os artefatos cognitivos fundamentados em soluções livres e em sucatas como tecnologia de mediação para a construção do conhecimento (SILVA; BLIKSTEIN, 2020, p.Apresentação xiii).

---

<sup>7</sup> In. Pedagogia da Autonomia. 36ª edição, São Paulo: Editora Paz e Terra, 2007, p.86.

Assim, o professor deixou o grupo livre para desenvolverem qualquer dispositivo com uma única premissa: deverá se deslocar de um ponto a outro por meio de uma programação.

Os resultados foram avaliados e discutidos posteriormente, quando os alunos apresentaram seus protótipos finalizados.

## APÊNDICE H – COMPARATIVO ENTRE KIT COMERCIAL E KIT LIVRE

O objetivo deste apêndice é demonstrar para futuros pesquisadores, professores e alunos, uma possibilidade de adquirirem um KIT de Robótica Educacional a um preço justo e acessível, tendo em vista o elevado valor do KIT comercial usado nesta pesquisa que foi o da LEGO.

**KIT Comercial LEGO Mindstorms EV3**

Casasbahia.com.br > Brinquedos > Blocos de Montar > Lego



★★★★★ (0 avaliações)

Vendido e entregue por **TECHBRICKS**

Lego Robótica Mindstorms Ev3 - Conjunto Principal 45544  
(Cód. Item 1503047590) Outros produtos **LEGO**

**R\$ 5.990,00**  
ou até 12x de R\$499,17 sem juros [ver parcelamento](#)

**Comprar**

R\$ 5.990,00  
à vista no Cartão Casas Bahia ou 12x de R\$ 499,17 sem juros. [Peça já o seu](#)

Calcule o frete e prazo de entrega

Fonte: Casas Bahia (Disponível em: [https://www.casasbahia.com.br/brinquedos/BlocosdeMontar/Lego/lego-robotica-mindstorms-ev3-conjunto-principal-45544-1503047590.html?utm\\_medium=Cpc&utm\\_source=GP\\_PLA&idSKU=%201503047590&idLojista=37744&utm\\_content=ads&utm\\_campaign=group2\\_smart-shopping\\_3p&gclid%20=Cj0KCQiAhs79BRD0ARIsAC6XpaWNeLnV2Bck2ontN8r3onO3up2sxraE\\_1HCX3XTleaPWxUlyf0Vn50aAjcyEALw\\_wcB](https://www.casasbahia.com.br/brinquedos/BlocosdeMontar/Lego/lego-robotica-mindstorms-ev3-conjunto-principal-45544-1503047590.html?utm_medium=Cpc&utm_source=GP_PLA&idSKU=%201503047590&idLojista=37744&utm_content=ads&utm_campaign=group2_smart-shopping_3p&gclid%20=Cj0KCQiAhs79BRD0ARIsAC6XpaWNeLnV2Bck2ontN8r3onO3up2sxraE_1HCX3XTleaPWxUlyf0Vn50aAjcyEALw_wcB) Acesso: 17/11/2020)

Como demonstrado na figura 40, o custo elevado do KIT comercial inviabiliza a utilização em larga escala nas escolas públicas brasileiras.

O custo de componentes avulsos, para uma possível reposição de peças, também é elevado, dificultando inclusive para as escolas com recursos disponíveis, que ao perceberem o elevado custo de manutenção, acabam transformando o KIT em um produto inservível.

Abaixo, um quadro com os principais componentes considerados como itens de desgaste normal ao uso e seus respectivos custos:

### Custos de componentes do KIT comercial

ITEM	DESCRIÇÃO	CUSTO (R\$)
	Bateria Recarregável Lego Ev3 45501/95656	1.000,00
	Kit Roda Pivot Ball II Lego Mindstorms Ev3 Nxt Rcx Original	250,00
	Cabos Conectores P/ Lego Mindstorms Nxt E Ev3, Kit 7 Cabos	265,00
	Lego Mindstorms Ev3 - Motor L Servo - Pn 95658 /45502	317,90
	Lego Mindstorms Ev3 - Sensor Infra-vermelho Ev3 - Pn 45509	409,00
	Lego Sensor De Cor Mindstorms Ev3 - Pn 45506	438,90

Fonte: Do autor (2020). Extraído de <https://www.mercadolivre.com.br/> Acesso em 17/11/2020.

Como demonstrado no quadro 20, com o custo de uma bateria para manter o KIT funcionando, seria possível adquirir, por exemplo, três baterias automotivas originais de fábrica.

O KIT utilizado na pesquisa apresentava a idade de 2 anos de uso e a sua bateria perdeu a vida útil. Tomando esta informação como base de cálculo, a cada 6

anos, o custo de manutenção somente com baterias ultrapassaria o valor do KIT completo.

### KIT LIVRE de Robótica Educacional



**Kit Arduino Robótica**

Código: 381920

4.8 de 5 ★★★★★ (162)

**R\$ 299,90**

até 6x de R\$ 49,98 sem juros

1 **Comprar**

Cartão de crédito	Parceles ▾
Depósito ou transferência	Parceles ▾
Boleto bancário	R\$ 278,91
	R\$ 278,91

Calcule o frete CEP **CALCULAR**

**PROMO RELÂMPAGO**  
Frete único: R\$ 10,00 - Para o Sudeste

Fonte: Eletrogate (Disponível em: <https://www.eletrogate.com/kit-arduino-robotica> Acesso: 17/11/2020)

Este KIT, fornecido pela loja virtual ELETROGATE, é composto por vários componentes que além de substituir na íntegra o KIT comercial, ainda oferece amplitude nas possibilidades de aprendizado.

Ele é composto por uma placa de processamento central, o Arduino, que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, projetada com um microcontrolador com suporte de entrada/saída embutido e uma linguagem de programação padrão, essencialmente C/C++.

Assim, é possível criar ferramentas que são acessíveis, com baixo custo, flexíveis e fáceis de se usar por principiantes e profissionais. Principalmente para aqueles que não teriam alcance aos controladores mais sofisticados e ferramentas mais complicadas.

O fornecedor oferece em seu site, diversos tutoriais para usuários iniciantes, incentivando assim a pesquisa e desenvolvimento.

A fim de demonstrar uma comparação entre os custos do KIT comercial e o KIT livre de Robótica Educacional, o quadro 21 apresenta o valores dos componentes similares. A diferença encontrada direcionou o autor da pesquisa a ser um agente crítico da utilização de KITs comerciais prontos para a utilização da Robótica

Educacional como ferramenta didática no processo de ensino-aprendizagem.

### Custos de componentes do KIT livre

ITEM	DESCRIÇÃO	CUSTO (R\$)
	Suporte para 4 Baterias 18650 – SERIE + 4 pilhas recarregáveis SONY de 2000 mAh cada.	120,00
	Roda 42 mm. Preço calculado para 2 rodas.	17,80
	Jumpers - Macho/Femea - 20 Unidades de 20cm	8,90
	Motor DC 3-6V com Caixa de Redução e Eixo Duplo	12,90
	Sensor Infravermelho E18-D80NK	42,90
	Sensor de Gestos e Cores - APDS 9960	36,90

Fonte: Do autor (2020). Extraído de <https://www.eletrogate.com/> Acesso em 17/11/2020.

Tendo como base o exemplo da bateria, utilizado como cálculo para o custo de manutenção, com o KIT livre, o custo a cada dois anos com este componente seria equivalente a R\$ 240,00 contra R\$ 2.000,00 do KIT comercial.

Por fim, justifica-se a crítica do autor contra os KITS comerciais, demonstrando que com os KITS livres a acessibilidade a esta importante ferramenta didática é facilitada às comunidades mais carentes.