



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO- UFRPE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PRPPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS-PPGEC
NÍVEL DOUTORADO**

JOSÉ ROBERTO TAVARES DE LIMA

**ROBÓTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA:
CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA PARA A
ESTRUTURAÇÃO DE SEQUÊNCIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

**Recife
2018**

JOSÉ ROBERTO TAVARES DE LIMA

**ROBÓTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA:
CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA PARA A
ESTRUTURAÇÃO DE SEQUÊNCIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

Tese da pesquisa de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) como requisito para obtenção do título de Doutor em Ensino das Ciências e Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Helaine Sivini Ferreira

Co orientador: Prof. Dr. Vladimir Lira Veras Xavier de
Andrade

**Recife
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

L732r Lima, José Roberto Tavares de.

Robótica educacional no ensino de física: contribuições da engenharia didática para a estruturação de sequências de ensino e aprendizagem / José Roberto Tavares de Lima. – Recife, 2018.
188 f.: il.

Orientador(a): Helaine Sivini Ferreira.

Coorientador(a): Vladimir Lira Veras Xavier de Andrade

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.
Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências e Matemática,
Recife, BR-PE, 2018.

Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

1. Ensino de física 2. Engenharia didática 3. Robótica educacional
4. Análise implicativa estatística I. Ferreira, Helaine Sivini, orient.
II. Andrade, Vladimir Lira Veras Xavier de, coorient. III. Título

CDD 370

José Roberto Tavares de Lima

***ROBÓTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA:
CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA PARA A
ESTRUTURAÇÃO DE SEQUÊNCIAS DE ENSINO E
APRENDIZAGEM.***

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, submetida à aprovação da banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof^a. Dr^a. Helaine Sivini **FERREIRA**
Presidente / 1º examinador / Orientador
Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Vladimir Lira Veras Xavier de **ANDRADE**
2º examinador interno / Coorientador
Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Alexandro Cardoso **TENÓRIO**
3º examinador interno
Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Filomena Maria Gonçalves da Silva C. **MOITA**
4º examinador Externo
Instituição: Universidade Estadual da Paraíba

Prof^a. Dr^a. Magna do Carmo **SILVA**
5º examinador Externo
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco

Data da apresentação: 28 de agosto de 2018.

DEDICATÓRIA

Renovo a intenção de dedicar o fruto de minha investigação aos meus pais, João Tavares e Mariluce, que me deram plenas condições em minha formação e sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos ...

Dedico também aos meus filhos, Júlio César e Camilla, e minha esposa Magda pela compreensão diante do tempo que deixei de dedicá-lo em decorrência das tarefas e ocupações vividas nas atividades de pesquisa e em produção científica.

AGRADECIMENTOS

Concebendo a ideia de que a produção deste relato da minha investigação do programa de doutorado foi resultado de uma trajetória profissional na área de educação e de uma construção acadêmica, que não apenas foi desenvolvida nestes últimos anos, registrar agradecimentos aos grandes motivadores e contribuintes desta minha elaboração torna-se uma tarefa arriscada e sujeita a cometer o lapso de esquecimento de algum efetivo participante desta elaboração. Para não correr o risco da injustiça, agradeço de antemão a todos que de alguma forma passaram pela minha vida e contribuíram para a construção do que eu represento hoje.

E agradeço, particularmente, a algumas pessoas pela contribuição direta na construção desta obra:

A amiga e professora Helaine Sivini, meu muito obrigado pela orientação, motivação e paciência.

Aos professores e professoras do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da UFRPE pelos seus ensinamentos e momentos fraternais.

Ao meu amigo e professor Vladimir Lira pelo apoio e contribuições no campo acadêmico para desenvolver o espírito de investigação e reflexão sobre os resultados estatísticos da pesquisa.

Ao Corpo Docente e Discente do Instituto Federal de Pernambuco campus Pesqueira pelo acolhimento em tal unidade e pela disponibilização de seus ambientes para a realização de diversas observações com estudantes do Ensino Superior.

A meu amigo professor João Neves pela prontidão em disponibilizar os seus ambientes de vivências de aprendizagem para realizarmos diversas observações com estudantes do Ensino Médio.

A todos os colegas do doutorado pelas importantes sugestões para o desenvolvimento deste trabalho e pelo compartilhamento de incentivos, emoções, angústias e sucessos durante as nossas trajetórias.

A minha família; pai, mãe, irmãos, filhos e esposa, por compreenderem minha ausência e acreditarem nos meus sonhos.

Aos amigos que por um acaso não encontrarem seu nome citados nos agradecimentos, por favor, não se sintam desprestigiados, pois seus nomes estão escritos em um lugar muito mais importante que esse: meu coração.

A todos meus agradecimentos.

RESUMO

Em nossa investigação tivemos como objetivo analisar as contribuições da utilização da Robótica Educacional no ensino de Física a partir de sequências de ensino com resolução de desafios. O conteúdo de Física selecionado foi o estudo do fenômeno de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme. A trajetória metodológica da pesquisa consistiu na construção de uma sequência de ensino fundamentada em elementos da Engenharia Didática Clássica e na observação da sua implementação em contextos de ensino. A pesquisa foi desenvolvida com um grupo de estudantes do Ensino Médio pertencentes a uma escola particular de Recife e um outro grupo com estudantes do curso superior de Licenciatura em Física de uma Instituição Federal da cidade de Pesqueira no estado de Pernambuco. Seguimos as etapas da Engenharia Didática: Primeira fase, na Análise Preliminar, nos dedicamos a construção de nossas hipóteses e do quadro teórico didático, levantando as dificuldades e obstáculos de aprendizagem. Na segunda etapa, a Concepção e Análise a priori das Situações Didáticas, fizemos as escolhas das variáveis didáticas e construímos o roteiro das sequências de ensino com planejamento de alternativas para a superação dos obstáculos de aprendizagem e disponibilização de atividades de experimentação com a Robótica. Na terceira fase, a Experimentação, os aprendizes vivenciaram a sequência de ensino projetada e por fim, na quarta e última etapa, a Análise a posteriori e a Validação, executamos a última reflexão sobre os resultados da experimentação e confrontamos as hipóteses concebidas na Análise a priori com as constatações verificadas na Análise a posteriori. Os resultados de nossas observações indicaram avanços nos índices de acertos das questões e uma tendência dos estudantes a utilizarem a estratégia de escrever as equações horárias de espaço de cada robô e igualar as suas posições para determinar o instante de encontro. Os elementos da Engenharia Didática presentes em nossas investigações nos permitiram acompanhar e planejar necessidades de retrabalho docente para superação dos obstáculos e perceber lacunas de compreensões conceituais. Através da Análise Estatística Implicativa conseguimos refletir sobre as relações probabilísticas entre as variáveis observadas e permitiu a constatação de que a utilização da estratégia de igualar as Equações Horárias de Espaço dos robôs provoca uma tendência a obtenção de melhores índices de acertos nas questões propostas.

Palavras-Chave: Ensino de Física, Engenharia Didática, Robótica Educacional, Análise Estatística Implicativa.

ABSTRACT

In our investigation we had the objective to analyze the contributions of the use of Educational Robotics in the teaching of Physics from sequences of teaching with resolution of challenges. The selected Physics content was the study of the phenomenon of Meeting of Bodies in Uniform Motion. The methodological trajectory of the research consisted in the construction of intervention based on elements of Classical Didactic Engineering and the observation of its implementation in teaching contexts. The research was developed with a group of high school students from a private school in Recife and another group with undergraduate students of course to be a physics teacher from a Federal Institution of the city of Pesqueira in the state of Pernambuco. We followed the stages of Didactic Engineering: First phase, in the Preliminary Analysis, we dedicated ourselves to the construction of our hypotheses and the didactic theoretical framework, raising the difficulties and obstacles of learning. In the second stage, the Conception and Analysis a priori of the Didactic Situations, we made the choices of the didactic variables and constructed the script of the teaching sequences with planning of alternatives to overcome the obstacles of learning and the availability of experimentation activities with Robotics. In the third phase, Experimentation, the apprentices lived the sequence of projected teaching, and finally, in the fourth and final stage, a posteriori Analysis and Validation, we performed the last reflection on the results of the experimentation and confronted the hypotheses conceived in the Analysis a priori with the findings verified in the posteriori Analysis. The results of our observations indicated advances in the indexes of correct answers to the questions and a tendency of the students to use the strategy of writing the time equations of space of each robot and to equal their positions to determine the moment of encounter. The elements of Didactic Engineering present in our investigations have allowed us to follow and plan teacher reworking needs to overcome obstacles and perceive gaps in conceptual comprehension. Through the Statistical Implication Analysis, we were able to reflect on the probabilistic relationships between the observed variables and allowed us to verify that the use of the strategy of equaling the Space Equations of the robots causes a tendency to obtain better indexes of correct answers in the proposed questions.

Keywords: Teaching of Physics, Didactic Engineering, Educational Robotics, Statistical Implicative Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Projetos com motores e sensores com processadores RCX e NXT	26
Figura 2 -	Processador EV3 conectado com motores e sensores e um exemplo de projeto de montagem	27
Figura 3 -	Projeto desenvolvido com o kit Arduino.....	28
Figura 4 -	Esquema da Arquitetura do Hardware Arduino	29
Figura 5 -	Placa de Robótica Arduino	30
Figura 6 -	Tela do Software Arduino 1.0 com a programação em linguagem C	31
Figura 7 -	Tela do Software ArduBlock 1.0 com a programação em blocos.....	32
Figura 8 -	Triângulo Didático	38
Figura 9 -	Fluxograma Ilustrativo dos Procedimentos Metodológicos	49
Figura 10 -	Ciclo da Experiência de Kelly	57
Figura 11 -	Recorte da Resolução de um dos sujeitos da Questão 4 do Teste Diagnóstico utilizando a Estratégia 1.....	67
Figura 12 -	Recorte da Resolução de um dos sujeitos da Questão 4 do Teste Diagnóstico utilizando a Estratégia 2.....	69
Figura 13 -	Recorte da Resolução de um dos sujeitos da Questão 4 do Teste Diagnóstico utilizando a Estratégia 3.....	69
Figura 14 -	Episódio de Inserção dos Robôs na condição inicial do Encontro.	70
Figura 15 -	Recorte da Questão 5 do Teste Diagnóstico	73
Figura 16 -	Estudantes resolvendo o Teste Diagnóstico em sala de aula.....	76
Figura 17 -	Estudantes vivenciando a Sequência de ensino Experimental na sala de Artes.....	77
Figura 18 -	Recorte da Resolução de um dos sujeitos da Questão 4 do Teste Diagnóstico utilizando a Estratégia 4.....	86
Figura 19 -	Momento dedicado a montagem do carro utilizando o Kit de Robótica ..	89
Figura 20 -	Carro montado em diferentes ângulos de visualização	89
Figura 21 -	Momento de levantamento dos tempos decorridos nos trechos de 30 cm para determinar a velocidade do carro	90
Figura 22 -	Detalhe do carro robô se deslocando para determinação da velocidade	90

Figura 23 - Situação Experimental de Encontro de Corpos em movimentos opostos	91
Figura 24 - Versão do Modelo do Carro Robô com rodas.	100
Figura 25 - Momento com os estudantes em Montagem dos carros.	101
Figura 26 - Detalhe das ações de Montagem de um dos carros.	101
Figura 27 - Momento da determinação da velocidade do carro.	102
Figura 28 - Situação de Encontro de Corpos no mesmo sentido.	103
Figura 29 - Condição de Encontro de Corpos no mesmo sentido considerando os Robôs como Corpos Extensos.	104
Figura 30 - Recorte da Planilha com o preenchimento das ocorrências observadas.	114
Figura 31- Opções do Software CHIC assinaladas no Tratamento Estatístico	115
Figura 32 - Árvore da Similaridade da Análise Estatística Implicativa	116
Figura 33 - Barra de parâmetros do Grafo Implicativo	118
Figura 34 - Grafo de Quase-Implicação da Análise Estatística	119
Figura 35 - Árvore Coesitiva da Análise Estatística Implicativa	121

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Detalhamento das Bases de Dados utilizadas no Estudo.....	9
Quadro 2 - Detalhamento dos conteúdos necessários para a resolução dos problemas	64
Quadro 3 - Detalhamento das dificuldades e obstáculos na resolução dos problemas	65
Quadro 4 - Detalhamento das Variáveis Didáticas identificadas na resolução dos problemas de Encontro de Corpos.....	66
Quadro 5 - Conjunto de Variáveis de Análise de Resultados obtidos nos Testes com estudantes do Ensino Médio.....	79
Quadro 6 - Estratégias utilizadas para resolver problemas de Encontro de Corpos	84
Quadro 7 - Conjunto de Variáveis de Análise de Resultados obtidos nos Testes com estudantes do Ensino Superior.....	96
Quadro 8 - Detalhamento de algumas confirmações ou não das hipóteses de nossa pesquisa na Análise a Posteriori.....	108
Quadro 9 - Descrição das variáveis analisadas.....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tendências das pesquisas nacionais com abordagens do uso da Robótica para o Ensino.	10
Tabela 2 - Tendências das pesquisas internacionais com abordagens do uso da Robótica para o Ensino.	13
Tabela 3 - Recorte da tabela de Movimentos de 4 corpos contida no Teste Diagnóstico	72
Tabela 4 - Percentuais de utilização das Estratégias identificadas nos testes com estudantes do Ensino Médio	85
Tabela 5 - Percentuais de utilização das Estratégias identificadas nos testes com estudantes do Ensino Superior	97
Tabela 6 - Índices de implicações, segundo a Teoria Clássica, usando a Lei Binomial	120

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASI	Análise Estatística Implicativa
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEK	Ciclo de Experiência de George Kelly
CHIC	Classificação Hierárquica, Implicativa e Coesiva
CNE	Conselho Nacional de Educação
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
ERIC	Education Resources Information Center
MEC	Ministério da Educação
MU	Movimento Uniforme
MUV	Movimento Uniformemente Variado
OBR	Olimpíada Brasileira de Robótica
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PUC	Pontifícia Universidade Católica
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física
SBF	Sociedade Brasileira de Física
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
TCP	Teoria dos Constructos Pessoais
TIC	Tecnologias da Comunicação e Informação
TSD	Teoria das Situações Didáticas
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Rural do Rio de Janeiro
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UNESP	Universidade Estadual Paulista

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo Geral	5
1.2. Objetivos Específicos	5
1.3. Estrutura Organizacional da Tese	5
2. ROBÓTICA EDUCACIONAL: UMA BREVE REVISÃO DA LITERATURA	7
2.1. Produções científicas nacionais sobre o uso da Robótica no Ensino	8
2.2. Produções científicas internacionais sobre o uso da Robótica no Ensino	12
2.3. Enquadramento de nossa pesquisa dentro do cenário das Produções científicas sobre o uso da Robótica no Ensino	14
2.4. Similaridades entre os nossos princípios de investigação e algumas pesquisas científicas anteriores	15
3. ENTENDENDO A ROBÓTICA EDUCACIONAL.....	19
3.1. Histórico da iniciação da Robótica Educacional no Brasil.....	20
3.2. A Robótica como instrumento de Ensino e Aprendizagem	21
3.3. Kit de Robótica Educacional: Componentes principais e alguns kits disponíveis no mercado	25
3.3.1. Kit Lego® Mindstorms®	26
3.3.2. Kit Arduino	28
3.4. Breve descrição sobre o cenário de como a Robótica tem sido utilizada com intenções educacionais nas escolas.....	32
4. ENTENDENDO A ENGENHARIA DIDÁTICA	34
4.1. As Fases da Metodologia da Engenharia Didática	41
4.1.1. Fase 1: Análises Preliminares.....	41
4.1.2. Fase 2: Concepção e Análise a priori das Situações Didáticas.....	43
4.1.3. Fase 3: Experimentação	43
4.1.4. Fase 4: Análise a posteriori e a Validação	44
5. METODOLOGIA DA PESQUISA	45
5.1. Retomando Pesquisas Anteriores	45
5.2. Caracterização dos sujeitos e campos da pesquisa	47
5.2.1. Professores de Física como sujeitos da pesquisa.....	47
5.2.2. Estudantes sujeitos da pesquisa na Situação Didática de Encontro de Corpos	48
5.3. Procedimentos metodológicos	49
5.3.1. Análise Preliminar	50

5.3.2. Concepção e Análise a priori da Situação Didática	50
5.3.3. Aplicação do Teste Diagnóstico	51
5.3.4. Experimentação	52
5.3.5. Aplicação do Teste de Avaliação Final	52
5.3.6. Análise a posteriori e Validação	53
5.3.7. Construção do Relatório da pesquisa.	53
5.4. Instrumentos da Investigação.....	53
5.4.1. Formulários de Coleta de Expectativas dos Professores	53
5.4.2. Fichas de Registro das Observações	54
5.4.3. Teste Diagnóstico da Situação Didática.....	58
5.4.4. Teste Avaliativo Final da Situação Didática	59
5.4.5. A Análise Estatística Implicativa e de Similaridade	60
6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NO ESTUDO DA SITUAÇÃO DIDÁTICA SOBRE O FENÔMENO DO ENCONTRO DE CORPOS	62
6.1. Análise Preliminar: Reflexão sobre os resultados obtidos	62
6.1.1. Conteúdo Programático selecionado	62
6.1.2. Objetivo Didático da Sequência de ensino.....	63
6.1.3. Conteúdos Curriculares envolvidos na Situação Didática	63
6.1.4. Dificuldades encontradas na resolução da Situação problema de Encontro de Corpos	64
6.1.5. Variáveis Didáticas necessárias para a resolução dos problemas de Encontro de Corpos	65
6.1.6. Estratégias para Resolução da Proposta.....	66
6.2. Análise a Priori: Reflexão sobre os resultados obtidos	70
6.3. Reflexão sobre as intenções e investigações pretendidas através dos Testes: Diagnóstico e Avaliação Final	72
6.4. Experimentação: Reflexão sobre os resultados obtidos	75
6.4.1. Investigação com estudantes do Ensino Médio	75
6.4.2. Investigação com estudantes do Ensino Superior.....	94
6.5. Análise a Posteriori e a Validação: Reflexão sobre os resultados obtidos	106
6.6. Análise Estatística Implicativa e Similaridade: Reflexão sobre os resultados obtidos	112
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
REFERÊNCIAS	128
APÊNDICE A – Trabalhos Nacionais publicados em Eventos ou Revistas abordando a Robótica para o Ensino	135

APÊNDICE B – Trabalhos Internacionais publicados abordando a Robótica para o Ensino.....	141
APÊNDICE C – Itens que compõem um Kit de Robótica Educacional	143
APÊNDICE D - Questionário de Coleta das Experiências de Ensino dos Professores de Física	145
APÊNDICE E - Ficha de Registro da Observação – Sequência de ensino: Encontro de Corpos – Carro A	146
APÊNDICE F - Ficha de Registro da Observação – Sequência de ensino: Encontro de Corpos – Carro B	148
APÊNDICE G - Teste diagnóstico de coleta de dados apresentadas no estudo de Encontro de Corpos.	150
APÊNDICE H - Teste de coleta de dados após a vivência da sequência de ensino experimental no estudo de Encontro de Corpos.	152
APÊNDICE I - Relatório Devolutivo Individual.	154
APÊNDICE J - Relatório Devolutivo Coletivo.	157
ANEXO A - Termo de Responsabilidade Autoral	164
ANEXO B – Guia de Montagem dos Robôs Carros.	165

1. INTRODUÇÃO

Atualmente encontramos um cenário em que os ambientes escolares deixaram de ser o local da primeira e principal fonte das informações e do conhecimento. Aliado ao múltiplo acesso ao conhecimento através das mídias virtuais, o aluno tem disponível, em seu cotidiano, um ambiente repleto de tecnologias, tais como: os videogames com sensores de movimento, os *smartphones* com aplicativos diversos, televisores em 3D, os scanners, as impressoras 3D, os computadores interligados em rede, etc.

Neste contexto, vislumbramos a possibilidade de inserção da modernização e do acesso às novas tecnologias sendo utilizadas em processos educacionais nos espaços escolares articuladas com a adoção de novas metodologias de ensino, reduzindo os efeitos das práticas de ensino com ênfase na memorização e no treino matemático, tal como a implementação de atividades de ensino utilizando a Robótica Educacional. Desta forma, o desenvolvimento de dinâmicas didáticas com a Robótica Educacional proporciona avanços tecnológicos do mundo cotidiano para o espaço escolar, além de possibilitar atividades de experimentação, observação e leitura de dados.

Hoje vivemos um novo momento cultural no qual os estudantes são expostos às mais diversas fontes de conhecimentos através das tecnologias da informação tais como: as videoaulas, os canais de *Youtube*, *Podcast*, as séries e filmes disponibilizados em nuvem, etc (POZO e CRESPO, 2009).

Na literatura, muitos autores se dedicam a entender e refletir sobre como acontecem os processos de ensino que geram o desenvolvimento cognitivo dos estudantes (VYGOTSKY, 1999; OLIVEIRA, 1998). Assim como, outros autores buscam propor alternativas de processos de ensino diferenciados e linhas pedagógicas a serem aplicadas concretamente em sala de aula, tais como: o ensino por projetos (DEWEY, 1959) e o ensino-dialógico (FREIRE e SHOR, 1986).

Segundo a proposta educacional, sugerida em documentos emitidos pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC) através dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), as instituições de Educação Básica devem proporcionar encaminhamentos que levem o estudante do Ensino Médio a adquirir uma série de

habilidades e competências específicas no estudo da Física (PERRENOUD, 2000; BRASIL, 1999). Proposto em documentos mais específicos por área de conhecimento tal como os PCN da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, encontramos a indicação de que a intenção de aquisição das habilidades e competências referidas através das práticas tradicionais tem apresentado obstáculos e dificuldades ao processo de ensino das ciências (BRASIL, 1999).

O Conselho Nacional de Educação (CNE), órgão de assessoramento do Ministério da Educação (MEC), ao emitir a Resolução nº 02, em julho de 2015, a qual define as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para a formação inicial em nível superior dos cursos de Licenciatura, enfatiza que os cursos de Licenciatura em seus processos de formação busquem o uso competente das Tecnologias da Comunicação e Informação (TIC) com a intenção de aperfeiçoamento da prática de ensino e a ampliação da formação cultural dos alunos e professores da Educação Básica (BRASIL, 2015).

Como alternativa para que se consiga preparar um ambiente de aprendizagem capaz de desenvolver as habilidades e competências requeridas, principalmente as que se referem a *compreender fenômenos* e ao *enfrentamento de situações-problema*, propomos uma investigação sobre sugestões de dinâmicas didáticas ampliando a abordagem tradicional utilizando uma das Tecnologias da Comunicação e Informação (TIC) que se aplica em processos do estudo da Física, no caso a Robótica Educacional.

O uso da Robótica como ferramenta pedagógica fascina a curiosidade e impulsiona o desenvolvimento de habilidades interessantes no ensino da Física, assim como também aprimora competências comuns a todas as áreas de conhecimento. As atividades da Robótica confirmam um conjunto de necessidades cognitivas a serem adquiridas como descreve a matriz de referência do ENEM (BRASIL, 2012, p. 01):

I. *Dominar linguagens (DL)*: dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.

II. *Compreender fenômenos (CF)*: construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.

III. *Enfrentar situações-problema (SP)*: selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.

IV. *Construir argumentação (CA)*: relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.

V. *Elaborar propostas (EP)*: recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de sequência de ensino solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural

Dialogando com as competências descritas na matriz de referência do ENEM, percebemos que conseguimos contemplá-las em atividades de Robótica dependendo da dinâmica didática e dos interesses definidos. Por exemplo, conseguimos atender a competência de *dominar linguagens* quando solicitamos ao estudante a determinar a velocidade de um robô medindo as suas distâncias percorridas e seus respectivos intervalos de tempos, fazendo uso da linguagem matemática para este cálculo. Também quando estimulamos o estudante a escrever e relatar as suas percepções e/ou construções expressas em registros utilizados durante as atividades de Robótica.

Além de contemplar a competência de *enfrentar situações-problema*, quando ele necessita organizar, relacionar e interpretar os dados a fim de tomar decisões e definir suas estratégias para determinar a sua velocidade. Ou seja, as diversas competências referidas poderão ser trabalhadas dependendo do tipo de atividades de Robótica desenvolvidas em seu plano de trabalho.

Diante da literatura de investigação, entendemos, portanto, que existe uma ampla gama de pesquisas que abordam diferentes aspectos do uso da Robótica no ambiente escolar (ACCIOLI, 2005; ZILLI, 2004; GONÇALVES, 2007; LIMA, 2012; MOREIRA, L., 2016; BARBOSA, 2016; SANTOS, J., 2016). Percebemos a Robótica como sendo um campo que cada vez mais se consolida como um importante tema de pesquisa educacional, porém expõe uma necessidade de estudos sobre as possíveis contribuições no ensino da Física com estudantes do Ensino Médio e do Ensino Superior e em suas diversas áreas tais como: Eletricidade, Mecânica, Física Moderna, Ondas, Termologia, etc.

Acreditamos que a proposta de utilização da Robótica Educacional, em contexto de atividades de ensino, no desenvolvimento de processos de ensino da Física com projetos de montagem desafiadores e a reflexão sobre o

amadurecimento cognitivo conceitual dos estudantes, é desafiadora e pode trazer contribuições relevantes para área.

Outro aspecto que desperta interesse das pesquisas na literatura científica dedicada à área do ensino é a intensa busca de procedimentos de investigação que permitam a análise e a reflexão sobre novas estratégias ou fundamentos que norteiem o desenvolvimento de sequências de ensino de ensino dos diversos componentes curriculares. Dos diversos embasamentos teóricos disponíveis no acervo acadêmico publicado podemos destacar a Engenharia Didática Clássica. Embora tenhamos diversos trabalhos de pesquisa na construção de metodologias e dinâmicas do ensino de conceitos matemáticos, por ter sua origem advindo dos estudos da Educação Matemática, encontramos de forma mais restrita e exposta de forma superficial em aplicações de outros componentes curriculares tais como a Geografia, a Química, a Biologia, a Física dentre outras.

Diante do cenário da literatura publicada sobre as pesquisas na área da Robótica com abordagem para o ensino disponível, destacamos que a nossa contribuição de investigação reside em trazer o estudo de uma sequência de ensino para o ensino da Física, especificamente tratando de um conteúdo da área da Mecânica, o Encontro de Corpos em Movimento Uniforme, estruturada metodologicamente conversando a Teoria dos Constructos Pessoais de George Kelly com alguns elementos da metodologia da Engenharia Didática Clássica, além de tratarmos os resultados, obtidos nas sequências de ensino, com uma abordagem quantitativa utilizando a Análise Estatística Implicativa e a Análise de Similaridade.

A nossa Tese da pesquisa consistiu em que o uso de atividades de montagem e programação utilizando a Robótica Educacional em sequências de ensino de conceitos físicos a partir de elementos da Engenharia Didática contribui no aprimoramento e no reconhecimento de dificuldades e obstáculos de aprendizagem dos estudantes evidenciando indicativos que induzem algumas necessidades de investimentos em reestruturação do trabalho docente dos professores de física.

1.1. Objetivo Geral

Nossa investigação teve como *objetivo geral* analisar as contribuições da utilização da Robótica Educacional no ensino de física a partir de sequências de ensino de resolução de desafios utilizando alguns elementos da Engenharia Didática Clássica.

1.2. Objetivos Específicos

Em relação ao desenvolvimento da pesquisa utilizando a Robótica Educacional, destacamos os seguintes *objetivos específicos*:

- Estruturar sequências de ensino utilizando kits de Robótica Educacional sobre conteúdos da área da Mecânica considerando alguns elementos da Engenharia Didática Clássica;
- Analisar as estratégias mobilizadas pelos estudantes na resolução dos desafios propostos a partir de alguns elementos da Engenharia Didática;
- Investigar o uso da Análise Estatística Implicativa como uma ferramenta complementar às análises qualitativas realizadas nas sequências de ensino.

1.3. Estrutura Organizacional da Tese

Estruturamos este texto de registro de nosso estudo com a seguinte configuração:

O primeiro capítulo, o qual nos encontramos, foi dedicado a Introdução e as descrições do objetivo geral e dos objetivos específicos, além do detalhamento da estrutura organizacional da Tese.

O segundo capítulo, intitulado de: A Robótica Educacional: uma breve revisão da literatura, expõe um levantamento sobre a produção científica que trataram das temáticas da Robótica Educacional, além de inserir uma reflexão sobre algumas pesquisas que possuem similaridades de objetivos e metodologias com a nossa investigação.

O terceiro capítulo exibe uma reflexão sobre Entendendo a Robótica Educacional no qual fazemos uma conceituação sobre o termo Robótica, apresentamos um histórico de sua implantação em território brasileiro, uma fundamentação teórica que reconhece a Robótica como instrumento de ensino e aprendizagem e trazemos uma lista com kits de Robótica disponíveis no mercado e uma breve descrição sobre como a Robótica tem sido utilizada com propósito educacional.

O quarto capítulo versa sobre a Engenharia Didática, seus princípios e conceitos relacionados, além de detalharmos as quatro etapas metodológicas da Engenharia Didática como processo de pesquisa.

O quinto capítulo oferece o quadro da Metodologia no qual contém o tipo de pesquisa, a caracterização dos sujeitos da pesquisa, descrição dos procedimentos metodológicos vivenciados na investigação, a exposição dos instrumentos da investigação e dos elementos de análise estatística dos dados coletados.

No sexto capítulo proporcionamos a Análise e Discussão dos Resultados obtidos durante a vivência da situação didática estudada em contexto de estudantes do Ensino Médio e com outro grupo de estudantes da Licenciatura em Física (Ensino Superior), separando a reflexão sobre cada etapa experimentada na metodologia da Engenharia Didática.

Por fim, apresentamos as nossas Considerações Finais e os documentos construídos que nos apoiaram no desenvolvimento da pesquisa, nos apêndices e nos anexos.

2. ROBÓTICA EDUCACIONAL: UMA BREVE REVISÃO DA LITERATURA

O registro das primeiras publicações científicas sobre a utilização da Robótica com a intenção de ensino e desenvolvimento de competências de aprendizagem foram verificadas a partir das produções de Seymour Papert, na década de 1980. O matemático Papert, desde os anos 60, desenvolveu investigações e refletiu sobre a implementação de tecnologias e buscava respostas sobre como estas ferramentas possibilitavam alterações no processo de aprendizagem. Papert criou um robô em forma de tartaruga utilizando componentes eletroeletrônicos, fazendo com que a mesma descrevesse em terreno plano, traçados e trajetórias de figuras geométricas. Essas trajetórias eram controladas através do uso da linguagem de programação LOGO. As primeiras tartarugas eram grandes, inclusive suportavam as crianças sobre elas, e mais tarde foram desenvolvidos modelos mais reduzidos e com mais recursos, como a possibilidade de emitir som (GONÇALVES, 2007). Em meados da década de 1980, surge o projeto LEGO / LOGO, concebido do trabalho em parceria da empresa dinamarquesa de brinquedos Lego e a equipe do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) nos Estados Unidos, liderados por Seymour Papert, Stephen Ocko e Mitchel Resnick. Os componentes de plásticos, acompanhados de polias, engrenagens, motores e sensores possibilitaram a construção da estrutura física e móvel (ZILLI, 2004).

Um dos primeiros registros encontrados em nossas pesquisas do estudo de implementações da Robótica Educativa para alunos da Educação Básica foi o trabalho de Seaman e Steck em 1985 no qual os pesquisadores propuseram um currículo, composto por 18 cursos, para a aplicação da Robótica direcionada a estudantes de diversos segmentos do ensino, desde a Educação Fundamental até o Ensino Médio (SEAMAN e STECK, 1985). Porém, apenas em 1991, Papert e Harel (1991) em seu livro *Construcionismo* demonstraram os primeiros resultados de práticas de Robótica Educacional com alunos. Nesta obra, os autores descreveram diversas experiências de dinâmicas de Robótica realizadas em várias cidades dos Estados Unidos.

Num cenário incipiente e repleto de experiências a serem vivenciadas, Sánchez (1996) apresentou um programa teórico, em escolas mexicanas, para

construção de um robô como recurso didático para ensinar ciência e tecnologia. Teve a intenção de demonstrar que a Robótica Cognitiva era um meio de integração que permite criar uma base de conhecimentos através da manipulação e controles dos dispositivos robotizados ao mesmo tempo em que resolvem problemas concretos.

Na sequência apresentamos uma análise em separado sobre o levantamento de produção científica, a nível nacional e internacional, sobre as pesquisas que estudaram a temática da Robótica Educacional.

2.1. Produções científicas nacionais sobre o uso da Robótica no Ensino

Realizamos um levantamento de produções científicas, na forma de estudo do *estado da arte* (ANDRÉ et al, 1999), no qual procuramos construir um mapeamento dos diversos trabalhos apresentados e publicados, no período de 2004 a 2018, perfazendo um intervalo de 15 anos, em algumas Revistas, Eventos Científicos e no Banco de Teses e Dissertações no Portal de Periódicos da Capes.

Utilizamos como foco temático a Robótica Educacional. O levantamento das produções científicas, na área do Ensino das Ciências, foi realizado em bases de dados, disponíveis pela Internet, de três Eventos Científicos de abrangência nacional e de três Revistas Científicas Periódicas Online com avaliação do Sistema Qualis da CAPES indicando estratos de qualidade A, detalhados no Quadro 1.

A seleção dos artigos se deu, inicialmente, através dos sistemas de busca dos sites repositórios procurando no título, nos autores, no resumo, nas palavras chave ou no desenvolvimento do trabalho pelos descritores: Robótica, Robótica Educacional, Robótica no ensino, Arduíno, Lego, Mindstorms e Automação. No caso dos Eventos SNEF e EPEF, por não disponibilizarem um sistema de busca sistematizado, a identificação dos artigos foi realizada através de varredura das listagens e dos programas que disponibilizam os artigos apresentados nas sessões de painéis e das comunicações orais distribuídas por áreas temáticas.

Quadro 1 - Detalhamento das Bases de Dados utilizadas no Estudo

BASE		ANO	LOCAL DE BUSCA	CRITÉRIO DE ESCOLHA
Eventos Científicos	ENPEC	2005 2007 2009 2011 2013 2015 2017	Atas disponibilizadas no site da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC)	Evento mais relevante no Ensino das Ciências.
	SNEF	2005 2007 2009 2011 2013 2015 2017	Atas disponibilizadas no site da Sociedade Brasileira de Física (SBF)	Evento mais relevante no Ensino de Física, realizado em anos ímpares.
	EPEF	2006 2008 2010 2012 2014 2016	Atas disponibilizadas no site da Sociedade Brasileira de Física (SBF)	Evento mais relevante no Ensino de Física, realizado em anos pares.
Revistas Científicas	Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)	2004 a 2018	Edições disponibilizadas no site da SBF: http://www.sbfisica.org.br/rbef/edicoes.shtml	Revista avaliada com Qualis A1 na área de Ensino.
	Ciência & Educação	2004 a 2018	Edições disponibilizadas no site da UNESP com a busca pelo sistema SciELO Brasil.	Revista avaliada com Qualis A1 na área de Ensino.
	Investigações em Ensino de Ciências	2004 a 2018	Edições disponibilizadas no site da UFRGS: http://www.if.ufrgs.br/ienci/	Revista avaliada com Qualis A2 na área de Ensino.
Portal de Periódicos da CAPES		2004 a 2018	Banco de Teses da Capes: http://bancodeteses.capes.gov.br/ Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD): http://bdttd.ibict.br/ Portal de Periódicos da Capes: http://periodicos.capes.gov.br/	

Fonte: (Autoria Própria, 2018)

O balanço das produções em cursos de pós-graduação Stricto Sensu dentro do foco temático escolhido foi realizado através dos sistemas de busca por termos nos resumos, palavras chave, título disponíveis na Base do Banco de Teses da Capes, da Plataforma do Portal de Periódicos da Capes, da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e através do sistema de busca do Google Brasil. A partir destes descritores selecionamos os artigos pertinentes ao foco da pesquisa, realizamos a leitura dos mesmos para posterior análise das abordagens teórico-metodológicas, além de localizar os grupos de pesquisadores e mapear as suas instituições. Após a identificação de todas as produções que

utilizaram a Robótica, nos propomos a realizar, apenas com as publicações que aplicaram o recurso tecnológico em processos de ensino, uma análise sobre as intenções dos pesquisadores ao se utilizarem dela, categorizando essas intenções em tendências: Motivação, Ensino de Conteúdos, Divulgação da técnica, Contextualização ou Construção de competências.

A lista com o levantamento de todas as produções nacionais publicadas sobre Robótica encontradas acompanhadas de informações sobre a descrição do Evento ou Revista, ano, título, autores e instituições dos grupos de pesquisa que os produziram estão contidas no Apêndice A.

Diante do levantamento, encontramos 119 pesquisas abordando a Robótica com aplicações na área de Ensino e Educação, e vale salientar que nos últimos três anos houve um crescimento no número de trabalhos publicados em torno de 62%, o que expressa um avanço na tendência de investigações sobre o uso da Robótica com a finalidade de recurso didático. Quando nos reportamos exclusivamente aos trabalhos que investigaram o uso da Robótica como recurso de Ensino, excluindo os trabalhos que utilizaram a plataforma Arduino como meio de coleta e leitura de grandezas físicas em práticas experimentais, ficamos com 97 produções. Salientamos que não foram encontradas produções com pesquisas utilizando a Robótica na Revista Ciência & Educação e apenas uma publicação na Revista Investigações em Ensino das Ciências.

As análises realizadas nas 97 produções com abordagens voltadas para o ensino evidenciam que mais de uma tendência pode ser observada numa mesma publicação. O detalhamento dessa análise está sistematizado na Tabela 1.

Tabela 1 - Tendências das pesquisas nacionais com abordagens do uso da Robótica para o Ensino.

Elemento de Motivação	Contextualização	Divulgação da Técnica	Construção de competências	Ensino de Conteúdos de Ciências e Matemática	Ensino de Conceitos Físicos
3	11	26	26	39	42
3,1%	11,3%	26,8%	26,8%	40,2%	43,3%

Fonte: (Autoria Própria, 2018)

Por não existir na literatura um quadro definidor das tendências das motivações de pesquisa do uso da Robótica, criamos as categorias destacadas na Tabela 1 as quais foram concebidas a partir da leitura e análise das produções

encontradas e diante das abordagens e objetivos verificados nestes trabalhos. Desta forma, a subjetividade do reconhecimento das tendências de pesquisa permite a concepção de outras categorias que nesta análise não foram levantadas.

Após a análise das tendências nas pesquisas investigadas percebemos que 40,2% das publicações se destinaram a estudar o uso da Robótica em atividades de ensino de conteúdos de Ciências e Matemática, ficando as abordagens de ensino de conteúdos de Física em 43,3%. Embora o percentual de 43,3% tende a transparecer que tivemos um bom acervo de contribuições para o estudo de estratégias para o ensino de conceitos físicos utilizando a Robótica, mas a produção se resume a 42 trabalhos nos últimos 15 anos. Isto evidencia uma carência de reflexões sobre as possibilidades de articulação do estudo de fenômenos físicos articulados com as atividades de Robótica, pois a diversidade de estudos pode favorecer e orientar a utilização, em ambientes escolares, da dinâmica da Robótica por parte dos professores.

Outro aspecto que nos provocou estranheza foi o baixo índice apresentado, 11,3%, de investigações que utilizaram a Robótica como elemento mobilizador de práticas Interdisciplinares e Contextualizadas, já que as atividades de Robótica permitem a articulação de situações concretas com conteúdos conceituais da área das ciências, permitindo dar significado aos conhecimentos teóricos.

Uma das grandes potencialidades da implementação da Robótica Educacional se refere à possibilidade de mobilizar situações em que o estudante manifeste competências procedimentais e conceituais, tais como: liderança, trabalhar em equipe, criatividade, autonomia, tomada de decisões, etc. Diante do levantamento, detectamos que apenas 26,8% das publicações ofereceram contribuições abordando alguns destes aspectos. Como existe uma necessidade, no Ensino das Ciências, de dinâmicas que promovam aos estudantes atitudes investigativas e autônomas, nos surpreende o baixo número de pesquisas, na última década, que dedicaram reflexões sobre a potencialidade de construção de competências.

Identificamos através do mapeamento das Instituições que tem desenvolvido pesquisas com Robótica alguns centros de estudos: um com maior destaque nos índices de publicações sendo a região Sudeste (38,3%) tendo a Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC – SP), com 11 publicações, e as

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) com a produção de 8 pesquisas no período em questão. Outro centro de pesquisa se localiza na região Nordeste (25,8%), tendo destaque as produções da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) que teve 8 trabalhos publicados, a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) com 6 publicações e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) que produziu 5 trabalhos. Um terceiro centro de pesquisa na área de Robótica se encontra na região Sul (23,4%) teve a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) com 9 publicações. Também merece destaque o número de 8 trabalhos divulgados pela Universidade Federal de Goiás (UFG) neste período.

Consideramos que houve um avanço na produção científica nacional, mesmo se tratando de uma área de pesquisa ainda muito recente. Percebe-se um número reduzido de produção e uma concentração da mesma em investigações e divulgação da técnica de uso da Robótica. Sinalizamos a necessidade premente de estudos sobre as possibilidades, contribuições e reflexões sobre as atividades didáticas com o uso de Robótica no processo de ensino e aprendizagem da Física.

2.2. Produções científicas internacionais sobre o uso da Robótica no Ensino

O levantamento de produções científicas com autores e repositórios de fora do Brasil foi construído a partir da procura em programas de busca, tais como: o ERIC (Education Resources Information Center), o Google Scholar, Revista *Enseñanza de las Ciencias* e o Portal Periódicos Capes. A partir do foco temático: Robótica Educacional, buscamos as publicações realizadas no intervalo dos últimos 10 anos (2008 a 2017) através das palavras-chave varrendo no título, no resumo e em seu desenvolvimento: Robotic Education, Lego Mindstorms, Arduino, Robotic in teaching, Educational Robots, Use of Robotics, Physics teaching with Robotics.

Após este levantamento inicial, descartando as produções científicas que não se enquadraram em nosso foco de pesquisa, já que muitas publicações se enquadram em áreas da medicina, da engenharia e outras naturezas sem encaminhamentos educacionais, chegamos a um total de 41 produções internacionais sobre Robótica, as quais estão relacionadas contendo o tipo de

publicação (Artigo, Dissertação ou Tese), ano, título, autores e país de origem do grupo de pesquisa no Apêndice B.

Utilizamos as mesmas categorias de tendências das motivações de pesquisa do uso da Robótica que foram concebidas na análise das publicações nacionais e lembramos que uma publicação foi, em certos casos, reconhecida e observada que demonstram mais de uma tendência da pesquisa por nós categorizada. Desta forma, as análises das tendências nas pesquisas realizadas nas 41 produções internacionais com abordagens da Robótica voltadas para o ensino, expostas na Tabela 2, evidenciam que a grande maioria das publicações se destinam a divulgação e empoderamento do uso da Robótica no Ensino (90,2%), além de uma forte tendência de desfrutar da potencialidade da Robótica no desenvolvimento de competências e habilidades no trabalho de montagem e programação em equipe (51,2%).

Tabela 2 - Tendências das pesquisas internacionais com abordagens do uso da Robótica para o Ensino.

Elemento de Motivação	Contextualização	Divulgação da Técnica	Construção de competências	Ensino de Conteúdos de Ciências e Matemática	Ensino de Conceitos Físicos
10	6	37	21	7	4
24,4%	14,6%	90,2%	51,2%	17,1%	9,8%

Fonte: (Autoria Própria, 2018)

Percebemos que encontramos poucas publicações com abordagens investigativas no uso da Robótica para o ensino de conceitos físicos e matemáticos (9,8% e 17,1% respectivamente), o que evidencia uma carência de publicações que orientem os professores, contendo roteiros didáticos e resultados de experiências com estudantes, para o ensino da Física utilizando atividades de Robótica Educacional.

Acreditamos que era esperado um número alto de pesquisadores se dedicando, inicialmente, a expor as potencialidades e na divulgação da técnica da Robótica Educacional, mas a tendência, com o passar do tempo, é que as pesquisas científicas passem a enfatizar os seus resultados quando do uso da técnica da Robótica no ensino dos diversos componentes curriculares aos estudantes.

Mapeando as instituições internacionais que se dedicaram a pesquisar sobre o uso da Robótica na área de ensino, verificamos uma intensa concentração de publicações restrita ao Estados Unidos da América, registrando 15 publicações correspondendo a 36,3% do total. Enquanto as publicações restantes se distribuíram entre os diversos países do mundo, tendo seis países: Espanha, Grécia, Israel, México e Taiwan que tiveram duas publicações (4,9%) enquanto os demais países apenas tiveram uma publicação neste período de estudo.

2.3. Enquadramento de nossa pesquisa dentro do cenário das Produções científicas sobre o uso da Robótica no Ensino

Após a exposição do levantamento e reflexão sobre as produções científicas nacionais e internacionais sobre a utilização da Robótica na área de ensino de forma separada, nesta seção, nos dedicamos a comparar as similaridades e distanciamentos entre as tendências motivadoras de pesquisas apresentadas em função das categorias concebidas nesta investigação.

A categoria motivadora de pesquisa mais intensa nas produções internacionais, chegando a ser verificada em 90,2% das publicações, foi a intenção de divulgação da técnica da Robótica Educacional e seus componentes, verificado nas Tabelas 1 e 2. Embora, nas produções nacionais, este objetivo de enfatizar a divulgação da técnica da Robótica foi observado em 26,8% das publicações, evidenciando uma diferença de motivadores de pesquisa comparando os investimentos nacionais e internacionais.

Outras categorias de tendências motivacionais das pesquisas que evidenciam grandes diferenças de objetivos de investigação se referem a utilização da Robótica como recurso didático para o ensino de conteúdos de Ciências e Matemática, chegando a 40,2 % nas produções nacionais e 17,1% nas produções internacionais, e como recurso didático para o ensino de conteúdos de Física, que foi verificado em 43,3% das produções nacionais e em 9,8% das produções internacionais, visualizado nas Tabelas 1 e 2. Desta forma, constatamos que as pesquisas, no Brasil, têm se mostrado mais preocupadas em investigar resultados de investigações da utilização da Robótica Educacional no ensino de conceitos e

fenômenos da Física e da Matemática e na busca de metodologias inovadoras que possibilitem avanços no uso da tecnologia na educação das ciências.

Diante deste cenário, percebemos que existe uma lacuna de pesquisas nas publicações disponíveis, mesmo nas produções nacionais, que exponha resultados sobre o desenvolvimento de metodologias inovadoras e aplicações da Robótica no ensino de conceitos da Física para que sirva de referências para a utilização da técnica no ensino das ciências.

Ampliando nossa análise e refletindo sobre como nossa investigação se posiciona diante das categorias de tendências das pesquisas as quais foram objetos desta pesquisa, identificamos que a nossa pesquisa se enquadra na categoria de uso da Robótica para o Ensino de Conceitos Físicos, atendendo as necessidades do ambiente formativo dos professores de Física como fundamentação e orientação metodológica para a utilização da Robótica em contextos educacionais no ensino das ciências.

2.4. Similaridades entre os nossos princípios de investigação e algumas pesquisas científicas anteriores

Ao realizarmos a revisão de literatura sobre experiências de pesquisas utilizando a Robótica Educacional e sobre as experiências relatadas empregando a metodologia da Engenharia Didática, conseguimos detectar algumas convergências em objetivos e similaridades com a nossa trajetória metodológica as quais acreditamos ser interessante explicitarmos estes destaques.

Almeida (2016) desenvolveu uma pesquisa com estudantes do Ensino Médio de uma escola particular na cidade de João Pessoa, capital da Paraíba, na qual o pesquisador desenvolveu uma situação didática trabalhando o conceito da Biologia (*Filo Arthropoda*) estruturando momentos didáticos de exposição teórica e outros momentos com exploração de atividades de montagem e programação com o kit de Robótica. Foi elaborado um produto educacional de apoio e orientação para os professores da área conseguirem replicar a sua experiência em novos contextos. Embora a fundamentação teórica que norteou esta pesquisa (*Experiência de Aprendizagem Mediada de Reuven Feuerstein*) na estruturação didática da sequência de ensino seja diferente da utilizada em nossa investigação (elementos

da Engenharia Didática) conseguimos enxergar diversas semelhanças e serviu como um referencial para a composição e a estruturação de nossas sequências de ensino.

Uma pesquisa qualitativa foi estruturada por Honorato (2016) a qual consistiu na observação da utilização de uma plataforma robótica Arduino para o estudo da Cinemática em uma vivência com estudantes do Ensino Médio no estudo do Movimento Uniforme a partir do preenchimento de uma ficha de coleta de valores medidos pelos sensores do robô carro montado. Vale salientar que o carro robô foi montado e programado pelo pesquisador e o estudante foi apenas um usuário do carro robô para proceder o levantamento dos espaços percorridos e os intervalos de tempo decorridos para percorrer as distâncias indicadas pelos sensores. Percebemos similaridades com a nossa pesquisa no aspecto da montagem da pista utilizando uma fita métrica, além de se utilizar de um carro robô para coleta de dados e determinação da velocidade média do corpo. Porém sentimos que nesta investigação foi desperdiçada a oportunidade de propiciar aos estudantes um momento para vivenciarem a montagem e a programação do artefato robótico, além de não desfrutarem de procedimentos de leitura e tratamento dos dados experimentais ponderando com as imprecisões e incertezas das medidas. Outro aspecto do estudo de Honorato (2016) que serviu como elemento que buscamos aprimoramento foi que ele montou apenas um robô e o estudo do fenômeno de Encontro de corpos consistiu em uma simulação virtual se utilizando da comparação das duas equações horárias de espaços dos movimentos obtidas individualmente em eventos individuais de movimento progressivo com um outro levantamento em movimento retrógrado, sem vivenciar efetivamente o fenômeno de forma concreta com o encontro dos dois robôs.

Sousa (2010) em sua pesquisa procurou verificar os efeitos provocados na promoção do ensino do conceito matemático de função em contextos da Física, utilizando um recurso didático denominado de Objetos de Aprendizagem de natureza computacional, com estudantes do 1º Ano do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de São Bernardo do Campo em São Paulo. Em sua investigação se utilizou da metodologia da Engenharia Didática. Suas exposições e detalhamentos de suas construções nos serviram de referencial e inspiração para o

desenvolvimento de nossas abordagens e análises das estratégias empregadas pelos nossos sujeitos quando na solução dos desafios propostos.

Rabelo (2016) buscou estudar algumas contribuições do uso da Robótica Educacional com os kits da Lego Mindstorms no Ensino da Física com 98 estudantes do Ensino Médio do estado de Goiás através de duas vivências didáticas: uma abordando o conceito da 2ª Lei de Newton e a outra com o conceito de Velocidade Média. Esta investigação nos permitiu tomar alguns aspectos metodológicos como referência quanto a dinâmica utilizada de coleta de dados sobre a experimentação, embora tenhamos percebido que também foi desperdiçada a oportunidade de propiciar aos estudantes a leitura e tratamento dos dados experimentais, tendo se utilizado das leituras obtidas através dos sensores do kit de Robótica.

Encontramos semelhanças entre o estudo de Silva (2016) e a nossa investigação. Silva (2016) construiu e aplicou uma sequência didática, com estudantes do 1º ano do Ensino Médio do estado de Goiás, para o ensino da Cinemática utilizando a Robótica Educacional com o kit Lego Mindstorms no qual estudou o fenômeno de Encontro de Corpos e propiciou uma vivência experimental com a montagem de dois robôs carros se deslocando em uma pista com a marcação sendo feita por uma fita métrica e permitindo com que o aluno buscasse a determinação do instante e a posição de encontro dos robôs. Destacamos que o trabalho de Silva (2016) se dedicou a trabalhar aspectos conceituais sem buscar investigar as diversas possibilidades de estratégias de resolução do desafio utilizadas pelos alunos, tendo um comportamento de indução e ensino de uma única estratégia adotada para a resolução do problema proposto sem apontar dificuldades e obstáculos em suas aprendizagens.

Campos (2000) expõe um estudo no qual utilizou elementos da Engenharia Didática como referencial para o desenvolvimento de uma sequência de atividades, direcionado a estudantes do Ensino Médio do estado de São Paulo, integrando conceitos de Física na área da Cinemática Escalar e a ferramenta matemática, precisamente trabalhando os conceitos de função. Em sua Engenharia Didática encontramos a realização de uma experimentação utilizando um trem de brinquedo e a determinação experimental da velocidade média, porém não trabalhou o fenômeno do Encontro de corpos. Detectamos que na condução das atividades de

ensino estruturadas com a Engenharia Didática tanto da situação de movimento uniforme quanto na de movimento uniformemente variado ocorreu uma forte ênfase matemática, na abordagem e no ensino das funções matemáticas, quando no trato do fenômeno físico sem trabalhar os conceitos físicos envolvidos. Tal estudo nos serviu como referência na dinâmica de desenvolvimento de nossas sequências de ensino, além de ter permitido o acesso a uma pesquisa na qual expõe como se tem sido utilizado a Engenharia Didática em pesquisas na área do ensino da Física já que a grande maioria dos trabalhos desenvolvidos, utilizando o recurso da Engenharia Didática, se dedicam no ensino de conceitos da Matemática.

3. ENTENDENDO A ROBÓTICA EDUCACIONAL

Robótica é um termo derivado da palavra robô que tem origem tcheca robotnik, utilizado pela primeira vez pelo escritor Karel Capek em seu livro 'Princípios de Mecatrônica', em 1921, que retratava a concepção de robôs para substituir o homem em trabalhos pesados. O primeiro uso do termo robótica foi feito pelo autor de estória de ficção científica Isaac Asimov em seu livro intitulado Robot, em 1950. Robótica designa a técnica e/ou a ciência que abrange o processo de concepção, montagem e a aplicação de robôs em diversas áreas do conhecimento (MELHORAMENTOS, 2017; BRITANNICA, 2015).

A Robótica, processo de automatização de ações mecânicas, possui aplicações na área médica, industrial, comercial e em diversos campos de atuação profissional e científica. Complementando esta tendência, a Robótica, também, surge em aplicações educacionais com a capacidade de desenvolver as habilidades e competências necessárias para o aprendiz no campo de enfrentar situações-problema e aplicação dos conceitos físicos em fenômenos naturais.

Jojoa, Bravo e Cortes (2010) definem a Robótica como sendo um campo multidisciplinar que é naturalmente encantador para os estudantes tanto por causa da sua relação com a ficção científica quanto porque geralmente se materializa em algo que possibilita ver, tocar e interagir.

As atividades de Robótica Educacional consistem na construção de uma maquete utilizando material de qualquer ordem, tais como: isopor, papelão, plástico, resina e material de sucata em geral articulado com elementos eletroeletrônicos. Este protótipo estruturado com os dispositivos eletroeletrônicos possibilita o acionamento dos mecanismos através de uma comunicação com o computador ou um microprocessador. A montagem parte de uma ideia de implementação de um projeto tentando reproduzir uma situação real através de uma maquete simulando os mesmos movimentos e efeitos.

O ambiente educacional tem apresentado necessidades de que o estudante seja submetido a um roteiro didático que desenvolva habilidades e competências que o possibilite entender o mundo em que vive e saiba intervir em seu universo, de acordo com as suas construções e com o uso das tecnologias disponíveis,

respeitando os preceitos da qualidade de vida, da sustentabilidade e da ética, como percebemos inclusive nas ideias explicitadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999) e a Robótica Educacional tem se configurado como um instrumento didático muito utilizado tanto como elemento de pesquisa quanto como elemento de mobilizador da construção de conhecimentos.

As primeiras evidências de uso da Robótica como recurso educacional foi registrado por volta dos anos 80, após ter acontecido a inserção de dinâmicas escolares com o uso de computadores, assim como o desenvolvimento de linguagens de programação apropriadas para o desenvolvimento de competências de lógica e de raciocínio espacial (MOREIRA, L., 2016).

Para a implementação de atividades de Robótica Educacional é imprescindível ter a disposição elementos eletroeletrônicos e mecânicos, tais como: os motores, os sensores, as unidades de processamento e interfaceamento, as engrenagens e artefatos de montagem das estruturas. O acesso a estes elementos pode ser conseguido através do reaproveitamento de material de sucatas ou lixo eletrônico, ou adquirindo os elementos eletrônicos no comércio e conectados a uma placa de código aberto com microprocessador do tipo Arduino, cujas técnicas chamamos de Robótica Livre; ou através de aquisição de kits de fabricantes que comercializam plataformas que já disponibilizam o microprocessador, os motores, peças de montagem, engrenagens e diversos sensores (LIMA, 2012).

3.1. Histórico da iniciação da Robótica Educacional no Brasil

Um fato que contribuiu para a impulsionar o desenvolvimento de práticas de programação e utilização de unidades computacionais no ambiente escolar foi a criação da Linguagem de Programação LOGO pelo matemático Seymour Papert pertencente, por volta dos anos 60 e 70, ao laboratório do Massachusetts Institute of Technology (MIT Media Lab). A intenção do Papert era a de disponibilizar uma linguagem de programação com sintaxe simples e intuitiva, destinada inclusive para crianças de pouca idade, com a exploração de atividades espaciais, numéricas e geométricas na tela do computador controlando uma tartaruga virtual que conseguia percorrer distâncias e girar ângulos determinados pelo programador (MOREIRA, L., 2016).

A iniciação dos trabalhos de utilização da Robótica em ambientes escolares, no Brasil, foi influenciada pelas experiências do uso de tecnologia por pesquisadores franceses e americanos, por ter sido pioneiros e principalmente pelas visitas de Seymour Papert ao Brasil a fim de compartilhar os seus resultados e suas experiências com a utilização da Linguagem LOGO e as suas implementações de Robótica Educativa, participando dos Eventos, Congressos e Seminários de tecnologia (BARBOSA, 2016).

Em 1986, a empresa Lego desenvolveu os robôs *Legó TC Logo* que permitia a construção de robôs com pequenas peças e programados usando a Linguagem LOGO, os quais foram vendidos mais de quinze mil unidades destinados para as escolas de educação básica nos Estados Unidos. Através de um trabalho de cooperação entre a empresa Lego e o Laboratório do MIT, representado pelos pesquisadores Seymour Papert e Mitchel Resnick com seus colaboradores, lançaram o kit Lego Mindstorms RCX (Robotic Command Explorer) em 1998. Estes kits chegaram inicialmente ao Brasil através das universidades para posteriormente chegar às escolas (HONORATO, 2016).

No período de implantação da Informática educacional nas escolas públicas e privadas no Brasil, por volta dos anos 90, verificamos diversas empresas privadas comercializando a terceirização dos serviços de ensino e de fornecimento de software e hardware. Daí algumas destas empresas e universidades nacionais também investiram no desenvolvimento dos seus próprios kits de Robótica, os quais dialogavam com os softwares de programação LOGO conectados ao computador, como podemos citar os kits Super Robby, Robótica Fácil, SuperLogo, Cyberbox, GoGo board dentre outros. Porém, estes kits perderam espaço pois exigiam a comunicação com o computador, além de não terem acompanhado os avanços das comunicações e no gerenciamento de troca de dados através de porta de comunicação USB (MIRANDA, 2006).

3.2. A Robótica como instrumento de Ensino e Aprendizagem

A proposta da Robótica Educativa é de mobilizar os estudantes em grupos de trabalho colaborativo a montarem um aparato automatizado, o robô, tentando resolver os desafios propostos. A implementação da dinâmica de Robótica requer

um kit, composto por elementos eletroeletrônicos e mecânicos, para controle e programação dos dispositivos, provocando movimento e gerenciamento de ações diante das respostas às variações de estado dos sensores utilizados. No mercado educacional, disfrutamos de diversos kits que cumprem tal necessidade. Alguns kits impõem que os dispositivos de movimento, os motores, e os sensores a serem utilizados nas montagens dos projetos sejam adquiridos junto ao fabricante, enquanto que outros kits adotam a filosofia de plataformas livres, conhecidos como os *Arduínos* os quais admitem a liberdade de acesso ao reaproveitamento de materiais reciclados de equipamentos eletroeletrônicos sucateados, tais como: computadores, dvds, vídeos, projetores, games, arranjos de árvore de natal, etc., além de componentes eletroeletrônicos disponíveis em lojas de comércio aberto de eletrônica tais como: os resistores, os leds, as lâmpadas, os motores de esguicho de água, os sensores térmicos, os relés, etc.

Uma das formas de trabalho com aprendizes, utilizando a Robótica Educacional, é o desenvolvimento de projetos desafiadores. Por exemplo, o professor pode sugerir a construção de uma maquete simulando uma cancela de um estacionamento a qual, ao carro se aproximar, deve suspender a barra e abaixar automaticamente quando o carro executar a ultrapassagem. Neste projeto, o aluno deverá programar o uso de um motor para dar movimento a cancela, assim como a utilização de um sensor para detectar a aproximação e passagem do carro. Para execução da montagem e controle da maquete, o estudante provavelmente utilizará seus conhecimentos sobre conceitos físicos da área de mecânica, tais como: torque, força, velocidade, etc., e da área da eletricidade, tais como: corrente elétrica, circuitos série e paralelo, interruptores, etc. Portanto, a prática utilizando a Robótica possibilita articulação e aplicação de conceitos físicos em situações concretas, permitindo um ambiente de estudo da Mecânica e da Eletricidade.

Nas atividades de Robótica Educacional, os estudantes participam das montagens e das programações dos aparatos agrupados em equipes de 2 a 4 componentes, provocando a necessidade de interações entre eles com troca de ideias e tomada de decisões. Esta interlocução entre os participantes permite com que um aluno mais avançado em uma das habilidades contribua para o desenvolvimento do outro (OLIVEIRA, 1998).

A implementação de projetos que valorizem o trabalho em equipe possibilita a manifestação da criatividade, a sociabilização de ideias, oportunidades para o aluno lidar com a tolerância e a aceitação das opiniões dos outros, estimula o raciocínio e permite o desenvolvimento de competências e valores fundamentais para a formação do aluno cidadão.

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) definem que o processo de ensino consiste em uma troca de significados e sentimentos entre o aluno e o professor. Percebemos que a dinâmica das atividades vivenciadas na Robótica em ambientes escolares permite o compartilhamento de significados, provocando relações de afetividade e com intensos momentos em que os estudantes são submetidos a processos de desequilíbrio. Diante desta desestabilização provocada, os alunos ao vivenciarem estes desafios são levados a procurar soluções e interagir com os objetos concretos na busca de ressignificação dos saberes que antes lhe pareciam verdadeiros.

Seymour Aubrey Papert, um educador sul-africano da área da matemática, cientista da computação, criador em conjunto com Jean Piaget, seu orientador, da Linguagem de Programação Educacional (LOGO) e foi parceiro educacional no desenvolvimento do kit de Robótica Lego Mindstorms, propôs a *Teoria Construcionista* como uma alternativa complementar a Teoria Construtivista de Jean Piaget para o desenvolvimento de um exitoso processo de construção do saber. Papert sugere a hipótese de que os estudantes que ainda não se encontram no estágio de desenvolvimento operatório formal podem abstrair conhecimentos por meio de simulações concretas disponibilizadas pelo computador e/ou por objetos de manipulação (PAPERT e HAREL, 1991; BARBOSA, 2016).

Tal princípio da Teoria do Construcionismo nasceu dentro de um ambiente de implantação do uso de computadores e da necessidade de estudos sobre as contribuições do ensino articulado com as práticas de programação computacional. Na sequência da difusão da Teoria Construcionista se opondo ao estilo de ensino instrucionista, surgiram o desenvolvimento dos blocos pedagógicos e kits de robótica Lego os quais tiveram suas motivações de aplicabilidade fundamentadas nos princípios do Construcionismo.

A ideia do *construtivismo* se fundamenta na lógica de que o conhecimento é construído pelo aprendiz, e não fornecido pelo professor, enquanto o

construcionismo, complementa que esta construção acontece, de forma intensa e motivante, quando o estudante é desafiado e convive com a realidade se utilizando do manuseio e dos estímulos provocados por algo externo e concreto, disponibilizados pelas tecnologias (PAPERT e HAREL, 1991).

A definição do Construcionismo mobiliza a ideia do *aprender fazendo* no qual o estudante em atividades concretas consiga articular os seus conceitos e o modo de pensar que atuam de forma espontânea com os outros conceitos, que aprendem na escola, através de atividades de aprendizagem desafiadoras e divertidas similares a se jogar um videogame (PAPERT e HAREL, 1991).

Ao refletir sobre a importância de uma dinâmica de ensino construcionista no processo de construção do saber e sobre a eficiência deste estilo como uma melhor alternativa metodológica de ensino, Papert e Harel (1991) afirmam que é mais provável obter-se melhores resultados de aprendizagens do que os modos instrucionistas tradicionais.

As dinâmicas de ensino utilizando os kits de Robótica tem se apresentado como uma boa maneira de se promover e consolidar a aquisição de saberes, principalmente por possibilitar o desafio de trabalhar e manipular os dispositivos e os materiais concretos.

Para se desfrutar das diversas contribuições proporcionadas pelas atividades da Robótica Educacional é necessário que os estudantes sejam mobilizados a participar intensamente das diversas etapas de produção do robô, desde a elaboração do projeto, a construção com peças concretas, a programação de seu funcionamento até a experimentação e observação dos seus resultados.

Nesse processo, os estudantes elaboram um algoritmo de procedimentos que é traduzido no formato de um programa de computador para a execução das tarefas pelo robô. As linguagens de programação empregadas pelos kits de Robótica tendem a utilizar uma forma simples e intuitiva, sem a necessidade de o estudante aprender sintaxes e formalismos complexos.

Corroborando com a necessidade de colocar o estudante em situações de experimentação e manuseio com peças concretas, observação de resultados e desenvolvimento de algoritmos para execução de tarefas, as nossas sequências de ensino objeto de nossa pesquisa buscaram atender tais anseios.

3.3. Kit de Robótica Educacional: Componentes principais e alguns kits disponíveis no mercado

Para se conseguir desenvolver alguma atividade de Robótica Educacional, o professor precisa disponibilizar, para as suas equipes de estudantes, alguns dispositivos com o propósito de que eles vivenciem as ações de montagem e de programação dos robôs construídos. Resumimos e explicitamos estes dispositivos que deverão estar contidos em um kit de Robótica para que sejam construídos os robôs projetados com mobilidade e com sensibilidade às condições do seu entorno, os quais estão expostos no Apêndice C.

No mercado de tecnologia educacional existem diversos produtos industrializados disponíveis, os kits de Robótica, que se utilizam de peças, engrenagens, sensores e motores específicos do fabricante. Tais kits estão disponíveis para venda no mercado nacional, porém alguns só podem ser adquiridos no exterior dificultando o seu acesso e aumentando os seus custos com as tarifas de importação.

Podemos classificar os kits de Robótica em dois agrupamentos: um grupo em que nos impõem uma necessidade de aquisição destas peças específicas através do próprio fabricante, impedindo o reaproveitamento de material de sucata e dispositivos eletroeletrônicos vendidos com demanda e custos mais acessíveis. E o outro grupo de kits, chamados de kits abertos - Arduino, permite a utilização de peças de qualquer fornecedor, possibilitando a construção de maquetes com material de sucata, resultando em custos extremamente baixos, considerando-se que o mesmo envolve apenas os componentes eletroeletrônicos utilizados, como lâmpadas, leds, motores, sonorizadores e sensores de luz, de distância, de temperatura, de toque e de equilíbrio.

Identificamos nas diversas publicações científicas que existe uma diversidade de kits de Robótica sendo empregados nos ambientes escolares. Porém, selecionamos dois kits: um muito utilizado, o Lego Mindstorms e o outro de plataforma livre, o Arduino, apresentados nas seções seguintes.

3.3.1. Kit Lego® Mindstorms®

O Lego Mindstorms é um produto da empresa dinamarquesa de brinquedos que atende propósitos educacionais e/ou como divertimento o qual possui um controlador inteligente computadorizado que permite que a construção de um robô ganhe vida e execute diversas operações, sendo um dos mais populares nas escolas brasileiras (LIMA, 2012).

A primeira versão do kit Lego Mindstorms foi concebida e lançada em 1998, fruto da cooperação entre a equipe de Seymour Papert e a Lego, e recebeu o nome de Lego Mindstorms RCX, substituído em 2006, pela versão NXT 2.0 com três portas de saída para a fixação de motores e atuadores, ilustrados na Figura 1.

Figura 1 - Projetos com motores e sensores com processadores RCX e NXT



Fonte: (ROBOTC, 2012; NXT, 2017).

Em setembro de 2013 foi lançado a versão mais atual da série, o kit Lego Mindstorms Education EV3. O kit padrão educacional versão EV3, modelo 45544, exposto na Figura 2, possui cerca de 541 peças Lego em uma caixa plástica resistente de armazenamento com uma bandeja com divisões para facilitar a organização, incluindo o processador inteligente EV3 que permite transmissão e comunicação via *Wifi*, infravermelho e *Bluetooth* para envio de programas e dados, um guia com instruções de construção de projetos, uma bateria recarregável, três servo motores (dois grandes e um médio), cinco sensores digitais (dois sensores de toque, um sensor de giroscópio, um sensor de cores e luz e um sensor de ultrassom para detectar distâncias), cabos de ligação e várias outras peças (rodas, engrenagens, eixos, vigas de encaixe, polias, roscas sem fim, cremalheiras). O seu

custo de aquisição no mercado brasileiro varia entre R\$ 2.500,00 e R\$ 3.100,00, sofrendo influência da variação da cotação do dólar americano.

O processador inteligente do EV3 é um controlador com processador ARM9 de 300 MHz de frequência, com 64MB de memória RAM, 16MB de memória Flash interna e suporte de expansão para cartões micros; display de LCD, porta USB 2.0 e oito portas de comunicação, sendo quatro de entradas e quatro de saídas.

As três versões do kit Lego Mindstorms são bastante encontradas em aplicações educacionais em diversos espaços escolares brasileiros, sendo considerado o kit mais popular. Um dos motivos da sua preferência de aquisição para uso em atividades educacionais se fundamenta em suas facilidades de usabilidade. Comparando com outros kits de Robótica, o kit Lego possui vantagens em relação ao manuseio durante as operações de montagem e de desmontagem dos projetos. A forma de encaixe das peças não requer o uso de ferramentas para apertar, afrouxar, desencaixar ou fixar os elementos do conjunto. Todas as operações são possíveis apenas com a ação das mãos. A grande maioria das montagens, dependendo da complexidade do projeto, leva um tempo reduzido, em torno de 40 a 90 minutos, o que torna possível sua total execução num período de aula nas escolas (LIMA, 2012).

Figura 2 - Processador EV3 conectado com motores e sensores e um exemplo de projeto de montagem



Fonte: (MINDSTORMS, 2017).

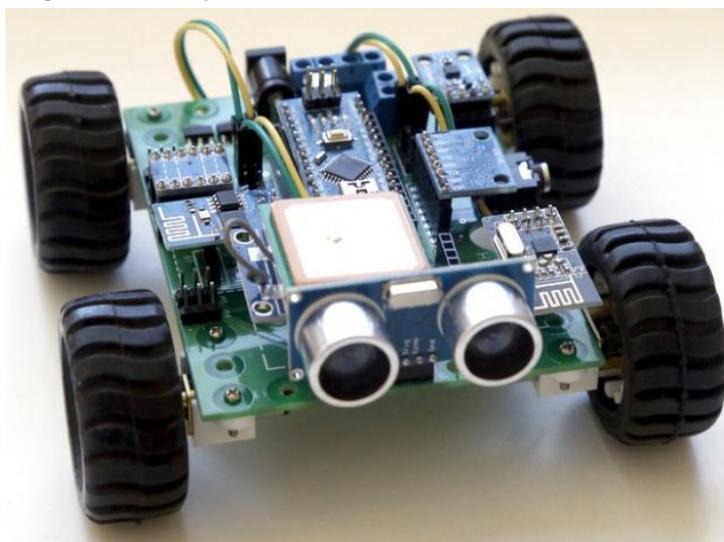
Atendendo a necessidade de orientação técnico-pedagógica ao professor na condução das atividades escolares utilizando o Kit Lego Mindstorms, a empresa brasileira ZOOM Education desenvolveu e comercializa um conjunto de revistas que

atendem as demandas de desenvolvimento de competências e habilidades dos estudantes com projetos que se adequam a cada segmento de ensino, tanto direcionados ao Ensino Fundamental quanto ao Ensino Médio. O material didático e a plataforma digital disponibilizam diversas atividades, textos motivadores e guia de montagens de projetos (ZOOM, 2017).

3.3.2. Kit Arduino

Diferentemente dos outros kits de Robótica disponíveis no mercado que são vinculados aos seus fabricantes e que impõem que o usuário obrigatoriamente tenha que adquirir os sensores, motores e demais peças específicas do próprio fabricante para conseguir a montagem e funcionamento do seu projeto de robótica, os kits que se utilizam do microprocessador Arduino permitem a utilização de componentes eletrônicos, como ilustrado na Figura 3, adquiridos no mercado aberto de eletrônica, assim como permite a utilização e o reaproveitamento de componentes obtidos a partir de sucata e de lixo eletrônico.

Figura 3 - Projeto desenvolvido com o kit Arduino



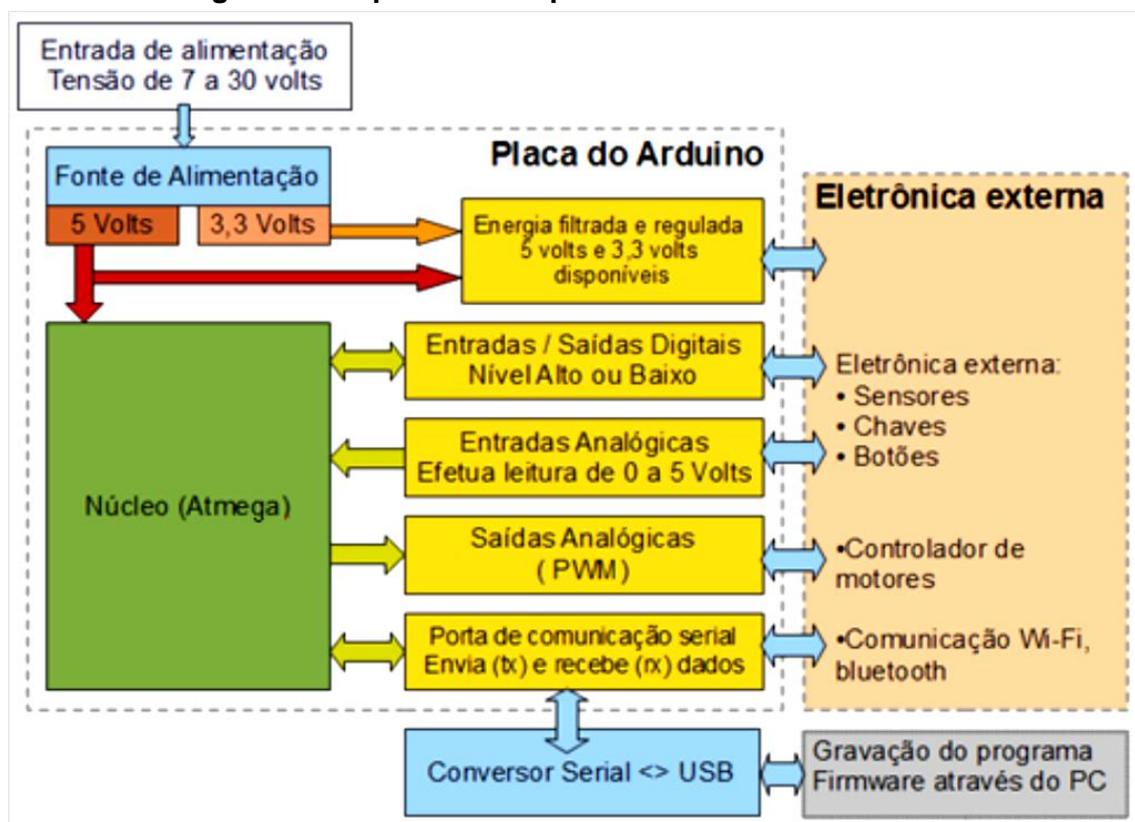
Fonte: (ARDUINO, 2017).

Diante do alto custo para aquisição dos kits de Robótica o que dificultava a implementação de projetos de Robótica em localidades com baixo poder econômico, surgiu um movimento de pesquisa e inovação que buscou o desenvolvimento de plataformas com microcontroladores abertas as quais permitissem a reprodução em larga escala e flexibilidade de utilização e controle de diversos componentes

eletrônicos de baixo custo e fácil aquisição, denominada de Arduino (MCROBERTS, 2011).

A Plataforma Arduino é um projeto de uma interface de controle composta com circuito eletrônico de código aberto, ou seja, qualquer usuário e fabricante pode alterar e adaptar esta interface para diversos usos inclusive para o uso educacional, admitindo flexibilidade de software e hardware a ser utilizado, tendo uma arquitetura disponibilizada publicamente sem necessidade de pagamento pelo uso de patente, como podemos ver a estrutura de Arquitetura do Hardware Arduino representada na Figura 4.

Figura 4 - Esquema da Arquitetura do Hardware Arduino



Fonte: (ARDUINO, 2017).

O dispositivo de circuito eletrônico programável Arduino, cuja placa está ilustrada na Figura 5, é composto de uma placa de circuito integrado que possibilita a comunicação com dispositivos eletrônicos tais como: sensores (temperatura, distância, indicadores de gases, luz, cor, movimento, etc), LEDs, displays, relés, motores e outros dispositivos que possam ser acionados pelos sinais digitais ou analógicos de saída e entrada.

Figura 5 - Placa de Robótica Arduino



Fonte: (ARDUINO, 2017).

Por ser uma interface de código aberto, a aquisição de um kit de Robótica que se utilize de placa Arduino, no mercado nacional, possui um grande leque de opções de fornecedores e uma diversidade de composições de peças de acessórios. A placa com microprocessador Arduino tem um custo que pode variar de R\$ 30,00 a R\$ 120,00, dependendo do tamanho e das quantidades de portas de entrada e saída. Os demais componentes necessários tais como motores e sensores, que podem ser adquiridos no mercado de componentes eletroeletrônicos chegam a custar de R\$ 2,00 a um patamar máximo de R\$ 50,00.

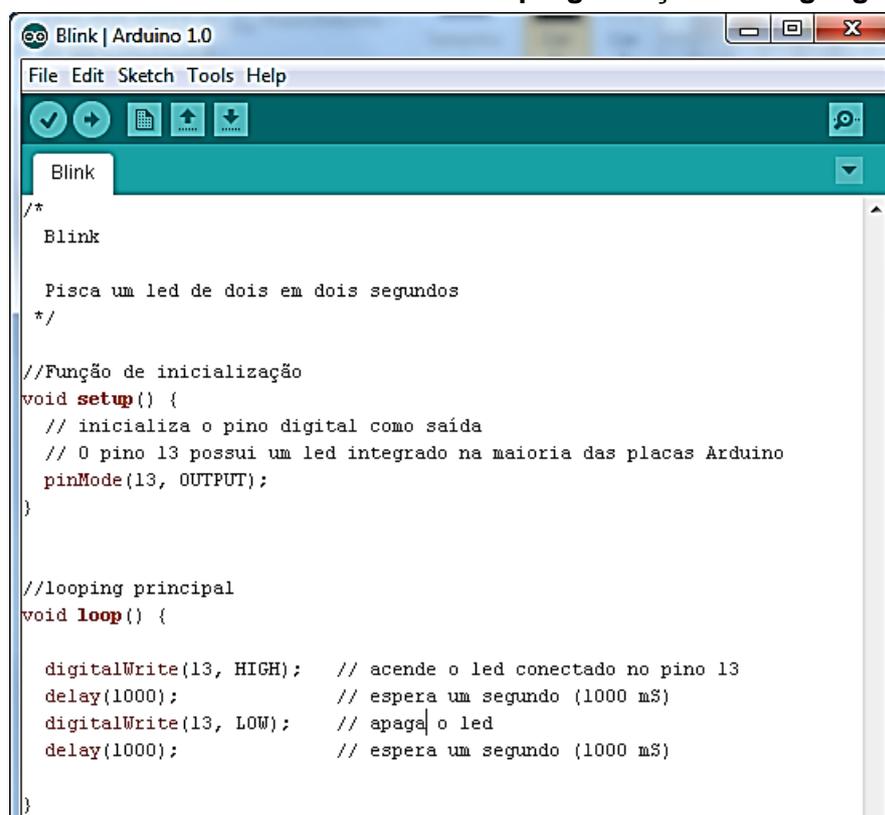
Uma das dificuldades da utilização do kit Arduino consiste na forma de conexão dos componentes (sensores e motores) o que exige que o usuário consulte em catálogo do fabricante sobre o componente buscando informações sobre como deve-se conectar o componente aos terminais correspondentes da placa Arduino e da necessidade de inserir um circuito simples de controle da corrente elétrica de alimentação. Outra dificuldade de utilização da plataforma Arduino consiste na forma de programação do microprocessador que exige uma programação em Linguagem C através das bibliotecas de programação as quais os usuários terão que alterar algumas linhas de programação de acordo com as orientações do fabricante e das necessidades de execução de tarefas.

Os projetos de robô desenvolvidos na plataforma Arduino necessitam percorrer duas etapas: uma etapa sendo a montagem com a disposição dos motores e sensores e feito as conexões dos fios entre os dispositivos e a placa Arduino, e a

outra etapa consiste na programação do código de controle do microprocessador. A programação consiste na construção e escrita em linguagem de programação C divididas em bibliotecas através de um software de Interface de edição da programação instalado no Windows ou Linux. Após a escrita do programa, faz-se a conexão do computador através da porta USB com a placa do Arduino e executa-se a compilação do programa escrito. Faz-se o envio do programa compilado para a placa do Arduino e observasse o funcionamento.

Devido a popularização do uso do Arduino como microcontrolador, tanto para propósitos de robóticos quanto para engenheiros e técnicos de controle e de automação, é disponibilizado e acessível várias bibliotecas de exemplos de rotinas de programação em Linguagem C da placa Arduino na Internet, bastando editar o código e alterar alguns parâmetros e endereços de comunicação pra adequar-se ao objetivo do projeto, como podemos ver na Figura 6 em um exemplo de código para fazer um LED piscar.

Figura 6 - Tela do Software Arduino 1.0 com a programação em linguagem C



```
Blink | Arduino 1.0
File Edit Sketch Tools Help
Blink
/*
  Blink

  Pisca um led de dois em dois segundos
 */

//Função de inicialização
void setup() {
  // inicializa o pino digital como saída
  // 0 pino 13 possui um led integrado na maioria das placas Arduino
  pinMode(13, OUTPUT);
}

//looping principal
void loop() {

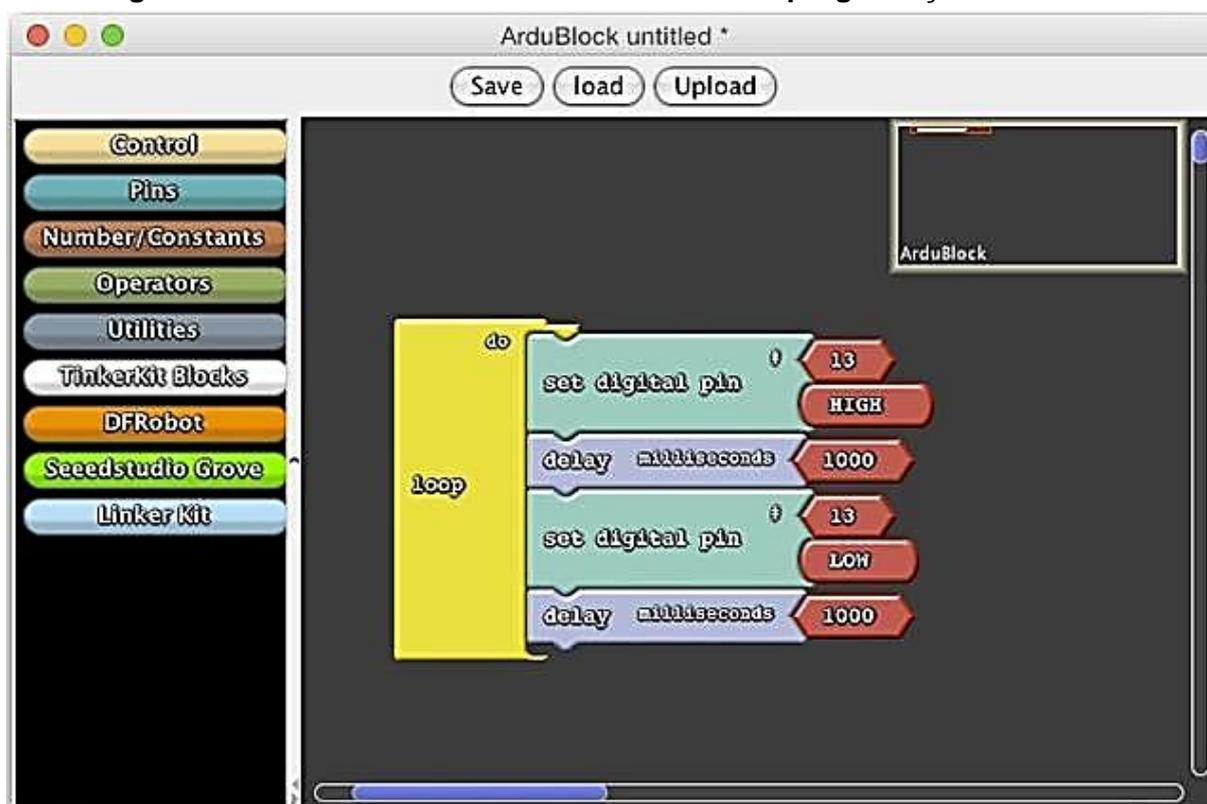
  digitalWrite(13, HIGH); // acende o led conectado no pino 13
  delay(1000);           // espera um segundo (1000 mS)
  digitalWrite(13, LOW); // apaga o led
  delay(1000);           // espera um segundo (1000 mS)
}
```

Fonte: (ARDUINO, 2017).

Um dos problemas do uso da programação com o Arduino com estudantes com pouca idade, precisamente com as crianças, consiste na necessidade do

entendimento e domínio das sintaxes e ter certa habilidade da lógica de programação trabalhando com a Linguagem de programação C. Diante desta dificuldade, foi criada uma outra interface de linguagem de programação gráfica para Arduino e compilação destinado aos usuários que não possuam o conhecimento em linguagem de programação, denominada de *ArduBlock*, cuja tela de programação está registrada na Figura 7. O ArduBlock é uma linguagem de programação que utiliza blocos de funções de programação prontas.

Figura 7 - Tela do Software ArduBlock 1.0 com a programação em blocos



Fonte: (TRONIXSTUFF, 2013).

3.4. Breve descrição sobre o cenário de como a Robótica tem sido utilizada com intenções educacionais nas escolas

Percebemos o desenvolvimento de atividades de Robótica Educacional em ambientes escolares e em organizações de assistência social de diversas formas em todo território brasileiro como podemos comprovar pela participação e inscrição de equipes e estudantes de todos os estados brasileiros nas Olimpíadas Brasileira de Robótica (OBR) nas últimas edições de 2017 e de 2018. Identificamos estas

atividades e conseguimos classificá-las segundo a forma de sistematização do ensino da Robótica em três formatos.

Uma das formas de implementação da Robótica Educacional nas escolas, sendo a mais encontrada, consiste na sistematização de encontros semanais com a participação de todos os alunos de uma turma agrupados em equipes de no máximo 4 componentes, desenvolvendo um projeto de Robótica com a montagem e desmontagem sendo realizada em um intervalo de aula em torno de 1 hora e 30 minutos. Dependendo do kit de Robótica utilizado, os participantes se utilizam das orientações e/ou do material didático do fabricante os quais disponibilizam guias de montagem e desafios. Os alunos executam a montagem do projeto temático destinado aquela aula e após sua montagem, programação e testagem, os estudantes executam a desmontagem e guarda das peças.

Outra modalidade de implementação da Robótica nas escolas vem sendo na forma de treinamento de equipes para competir em Olimpíadas de Robótica. Este formato de atividade é desenvolvido em encontros semanais com um grupo mais restrito de alunos, estes geralmente são selecionados e procuram seguir critérios de méritos de desempenho. As dinâmicas das atividades seguem a programação planejada pelos professores treinadores os quais procuram mobilizar a execução e a programação do robô para atender o regulamento e os desafios estipulados pelas regras das competições. Geralmente as regras das competições consistem em desenvolver um robô que siga uma linha preta com possibilidade de curvas com ângulos de 90° e no sentido horário e anti-horário, consiga desviar obstáculos colocados na trajetória, ultrapassar lombadas, subir uma rampa, resgatar bolas, etc.

Uma terceira forma de implementação da Robótica Educacional que encontramos nas escolas e em organizações sociais é o oferecimento de Atividades Extra-curriculares. Estas atividades são oferecidas na forma de curso extra ou projetos vinculados a algum componente curricular da Educação Básica destinado a uma turma específica ou aberta a inscrições com vagas limitadas. A duração deste curso ou projeto extracurricular é limitado de 2 a 6 meses. Algumas destas atividades extracurriculares são motivadas pelas intenções de investigações e pesquisas acadêmicas buscando resultados e reflexões sobre as metodologias de ensino adotadas, similar a esta experiência de pesquisa descrita nesta obra.

4. ENTENDENDO A ENGENHARIA DIDÁTICA

A atividade docente ao longo dos anos tem requerido transformações nos encaminhamentos e na rotina de ensino assim como nas próprias concepções dos professores sobre o seu papel como mediador no processo de ensino aprendizagem. Diante deste contexto no qual o professor convive com necessidades de atualizações de conhecimentos e de desenvolvimento de estratégias de ensino que permitam com que o estudante, em ambientes escolares, consiga autonomia e desenvolva habilidades de análise e de aplicação dos conhecimentos estudados, este professor tem criado situações construtivistas e/ou construcionistas de aprendizagens fundamentadas em pressupostos teóricos tais como os aportes de Piaget, Vygotsky, Ausubel, Vergnaud e outros.

Diversas tendências de pesquisas surgiram na área educacional, algumas dando atenção às concepções alternativas, outras valorizando as argumentações espontâneas, testando investigações experimentais e incentivando a participação ativa do estudante. A partir da década de 70, partindo dos aportes das teorias de aprendizagem alguns pesquisadores na linha da Didática da Matemática dentre eles, Brousseau (1982) e Artigue (1989), lançaram e incentivaram a ideia de que o uso de situações didáticas nas quais os aprendizes são submetidos a jogos e situações problema, de modo a mobilizar estratégias de base e conhecimentos prévios permitindo a realização de operações de seleção, organização e interpretação de informações na tomada de decisões provoca um efetivo processo de construção do conhecimento matemático e percepção de sentido e significado por parte do estudante (POMMER, 2013).

Uma situação didática, segundo Brousseau (1996), é um conjunto de relações presentes entre estudantes, em certo ambiente, utilizando-se de instrumentos ou objetos mediados e controlados por uma estrutura educacional, muitas vezes mediados através de um professor, com o objetivo implícito ou explícito de aprendizagem, provocando um saber construído ou a construir (BROUSSEAU, 2008).

Com a intenção de disponibilizar recursos e meios de melhorar a dinâmica do trabalho em sala de aula, participantes da escola da Didática da Matemática Francesa, Yves Chevallard e Guy Brousseau, em 1982, contribuíram com noções e

bases da Engenharia Didática Clássica ou de primeira geração. Em 1989, Michèle Artigue, em seus novos trabalhos, associou a Engenharia Didática a uma metodologia de análise de situações didáticas e comparou a dinâmica do trabalho do pesquisador similar ao ofício de um engenheiro. Sabendo que o trabalho do engenheiro deve inicialmente desenvolver um projeto de execução, com controle científico, se apoiando em fundamentos teóricos da área ponderando sobre a complexidade de todos os elementos envolvidos e recursos disponíveis, além de acompanhar a execução do projeto avaliando todas as etapas da execução prática. O ofício do professor em seu processo de ensino se assemelha, pois, requer os mesmos cuidados e compromissos em seu planejamento e em sua execução, sempre avaliando todas as etapas de sua implementação prática (ALMOULOU e SILVA, 2012; POMMER, 2013).

A proposta da Engenharia Didática consistiu na estruturação de um quadro teórico capaz de criar situações didáticas de aprendizagens e de nortear um referencial metodológico para análise das práticas e dos fenômenos de ensino investigados. A Engenharia Didática tem se estabelecido em duas formas de aplicações: uma como ferramenta metodológica de pesquisa qualitativa na área da Matemática e outra com a dinâmica norteadora para elaboração e análise de situações didáticas que possuam objetivo de criar um cenário de aprendizagem significativa em sala de aula ampliando a sua aplicabilidade para diversas áreas de ensino (BRUN, 2000).

Embora a Engenharia Didática tenha sido concebida como metodologia de pesquisa em situações de ensino de conteúdo específico da matemática, esta perspectiva de pesquisa qualitativa possui uma dinâmica que amplia as suas aplicações de investigações em outras áreas. Uma das opções de implementação da Engenharia Didática é no Ensino das Ciências como podemos perceber em publicações disponíveis na literatura das produções científicas (GUIMARÃES, BARLETTE e GUADAGNINI, 2015; SOUSA, 2010; BERENQUER, 2010). Esta alternativa de utilização da Engenharia Didática como recurso de investigação em pesquisas no Ensino das Ciências se justifica, pois sua metodologia permite diversas contribuições de pesquisa em ensino, tais como: o diagnóstico das concepções dos sujeitos, um estudo e reflexão sobre as dificuldades e obstáculos de aprendizagem, estudo e análise das estratégias utilizadas pelos estudantes em seus processos de

resolução de situações problema e a possível validação de processos de introdução e construção de conhecimentos específicos em situações experimentais e práticas através de confrontação das análises a priori e a posteriori.

A abrangência da pesquisa qualitativa da Engenharia Didática executada pelo pesquisador permite duas modalidades de abordagens: a microengenharia didática e a macroengenharia didática. A abordagem da microengenharia didática compreende as investigações locais com foco em objeto de estudo restrito a um determinado assunto, contextualizado ao local específico, levando em conta as ocorrências de uma sala de aula específica. A macroengenharia didática possui uma capacidade de abrangência de estudo mais ampla, possibilitando uma análise global gerada pelos estudos das relações e diversos estudos construídos por microengenharias, desenvolvidas em diversos contextos e conteúdos estudados, tentando entender as relações de ensino e aprendizagem de forma global (BERENQUER, 2010).

A Engenharia Didática tem sua base metodológica estruturada na capacidade de estudar o processo de ensino e aprendizagem a partir da antecipação e previsão de ocorrências, assim como no levantamento das tendências de desenvolvimento de estratégias adotadas pelos estudantes a partir das escolhas convenientes adotadas pelo pesquisador expressas através das variáveis didáticas. As variáveis didáticas consistem no conjunto de subsídios que influenciam no desenvolvimento de estratégias para a resolução de problemas (GÁLVEZ, 1996; ARTIGUE, 1996 e MACHADO, 2010). O pesquisador desenvolve hipóteses e tenta validá-las pela confrontação das suas expectativas iniciais com as construídas nas fases antecipatórias da execução prática com as manifestações dos alunos percebidas durante as atividades didáticas em sua fase experimental.

A Engenharia Didática Clássica proposta por Michèle Artigue toma a Teoria das Situações Didáticas (TSD) enunciada por Guy Brousseau como instrumentação que possibilita contribuições na identificação e descrição da situação, estabelecendo elementos para reconhecimento dos problemas, questionamentos e observações das variáveis didáticas envolvidas (POMMER, 2013; BROUSSEAU, 2008).

A TSD toma como fator estruturante a ideia de que o aprendizado se dá através da adaptação a um cenário contraditório e adverso do qual se proporciona ocorrências aos estudantes de momentos de desequilíbrio cognitivo. A

aprendizagem, tanto de saberes matemáticos quanto de conhecimentos em ciências, acontece quando o aprendiz consegue perceber significado no conhecimento adquirido e aplicá-lo em outros contextos. Diante disto, o roteiro didático de como o aluno tem suas experiências de apresentação dos conteúdos curriculares influencia em sua construção de significados destes saberes ensinados (SOUSA, 2010).

A Teoria das Situações Didáticas trata estas ocasiões de aprendizagem em sala de aula em duas classes: as *Situações Didáticas* mediadas por professores e as *Situações Adidáticas*.

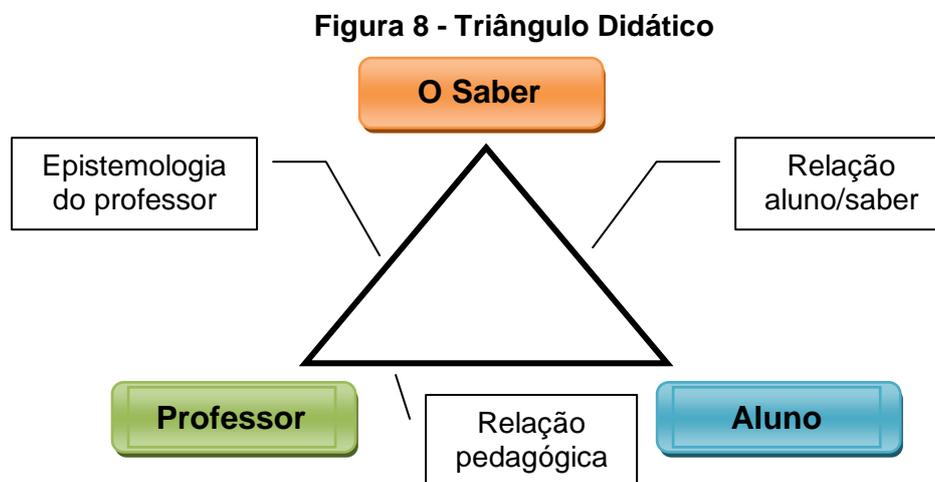
A Situação Didática é um conjunto de atividades, numa perspectiva construtivista, planejadas pelo professor com a intenção de ensinar um saber, explicitado ao estudante desde o início, nas quais são percebidas o incentivo nas relações interativas entre os alunos, o professor e alguns recursos didáticos.

A situação adidática é uma situação didática na qual o aluno desenvolve as suas aprendizagens através do reconhecimento de padrões os quais auxiliarão na compreensão do saber e na solução dos problemas sem a participação efetiva do professor. Esta acontece quando o estudante vivencia, de forma independente, em atividades de estudo e de resolução de atividades propostas pelo seu professor durante a fase didática, sem interferência do próprio professor durante a solução da situação problema (SOUSA, 2010).

Na TSD encontramos a recomendação de que as situações didáticas precisam provocar com que o trabalho do aluno, em sua atividade de estudo, seja semelhante ao de um pesquisador auxiliado pelo seu professor, contendo atividades as quais necessitam despertar a experimentação, a formulação de hipóteses, a construção de modelos, de conceitos, de teorias e a socialização de seus resultados. Uma das responsabilidades do professor ao construir as suas Situações Didáticas é a de pesquisar e encontrar situações-problemas que permitam desafiar e mobilizar saberes dos estudantes, provocando a construção de novos saberes (POMMER, 2013; BROUSSEAU, 2008).

Brousseau em 1996, na tentativa de uma melhor representação das relações existentes na Teoria das Situações Didáticas propôs um modelo esquemático denominado de Sistema Didático stricto sensu ou Triângulo Didático, ilustrado na

Figura 8. Este sistema é composto por três elementos: o aluno, o professor e o saber; e as relações entre estes elementos envolvidos na atividade didática (POMMER, 2013).



Fonte: (POMMER, 2013, adaptado).

Um evento de ensino e aprendizagem, tal como uma Situação Didática, caracterizado pela relação entre o aluno, o saber e o professor, é regido por normas e convenções de comportamentos e responsabilidades, as quais foram tratadas como Contrato Didático a partir dos estudos de Yves Chevallard (SOUSA, 2010).

Na relação entre o professor, o aluno e o saber é percebida a existência de normas e convenções implícitas e/ou explícitas de comportamentos, tanto por parte dos estudantes quanto por parte do docente, que norteiam o andamento e a dinâmica das aulas, provocando uma tendência do professor de ter expectativa de certos comportamentos por parte dos estudantes, assim como encontramos tendências dos alunos de ter expectativas sobre certos comportamentos esperados por parte do professor. Desta forma, estas regras e acordos estabelecidos entre o professor e o aluno se constituem em um instrumento similar a um contrato e suas cláusulas, como descrito e denominado de Contrato Didático por Brousseau (2008).

A ideia de Contrato Didático consiste na totalidade de comportamentos e regras estabelecidas e esperadas tanto pelo professor quanto pelo aluno, além das definições das relações de tratamento do saber a ser ensinado (TEIXEIRA e PASSOS, 2013; WACHILISKI, 2007). O contrato didático estabelecido em uma Situação Didática é influenciado pelas escolhas adotadas pelos professores e pela instituição de ensino.

No ensino tradicional, o professor manifesta postura mais expositiva, transmissora de conhecimentos, reprodutora de exemplos, incentivador de processos de memorização, enquanto o outro lado da relação, o aluno participa como ouvinte ou receptor do saber (SOUSA, 2010). Na perspectiva construtivista, o contrato didático estipula normas de comportamentos diferentes do professor, o qual implementa uma postura mais de planejamento, propositiva e desafiadora se utilizando de situações-problemas, de ações de orientação, enquanto o estudante passa a manifestar comportamentos na busca de soluções, e não ficar a espera das respostas do professor.

O objetivo do contrato didático é colaborar para a construção do conhecimento e, se ocorrer qualquer fato que inviabilize o acesso ao conhecimento, este fato se caracteriza como uma ruptura, o que exige uma reestruturação das relações estabelecidas neste contrato didático, através de novos acordos e renegociações, a fim de garantir a aprendizagem no processo de ensino.

Diante da necessidade de renegociações diante das transgressões ocorridas nos Contratos Didáticos de situações de ensino, o comportamento do professor é fundamental para o sucesso do restabelecimento das relações didáticas e da adaptação às novas regras. O professor, pelo estágio de maturidade e de sua melhor formação acadêmica, deve ter postura compreensiva e de tranquilidade diante das dificuldades vivenciadas pelos estudantes ao conviverem com a necessidade de reestruturação do contrato didático estabelecido pelo processo de ensino. Outro aspecto que o professor tem que se preocupar na administração e em suas renegociações do contrato didático vigente se refere ao fato de que tendenciosamente os estudantes, durante o andamento da atividade de ensino e das perspectivas de avaliações, solicitam ao docente uma postura que transforme o processo de ensino e aprendizagem numa forma mais facilitadora e cômoda. Daí, o professor deve ter muita segurança e firmeza no julgamento da verdadeira necessidade de alteração em sua prática pedagógica para evitar fragilidades avaliativas (SOUSA, 2010; CAMPOS, 2000).

Os fracassos ocorridos em contratos didáticos estabelecidos em situações didáticas frutos das dificuldades de adaptações, erros de negociações, ou falhas nas compreensões das normas podem provocar desentendimentos com os estudantes, despertando nos alunos uma sensação de desconfiança e descontentamento. Este

cenário provavelmente redundará em um processo de ensino com resultados escolares deficitários (CAMPOS, 2000).

Na dinâmica do processo de ensino, temos a possibilidade de surgir dificuldades que atrapalhem os estudantes de se apropriarem do conhecimento ensinado. Na literatura, estes obstáculos de aprendizagem por parte do estudante de acordo com a sua natureza podem assumir três formas: o obstáculo ontogênico, o obstáculo epistemológico ou o obstáculo didático.

Os Obstáculos ontogênicos são originados pela limitação do estudante, no momento da situação didática, em compreender o saber ensinado devido não ter ainda atingido a necessária maturidade conceitual e mental, também podendo ser oriundas de aspectos culturais ou até emocionais, como por exemplo fruto de frustrações em experiências anteriores (CARGNIN, 2013).

O conceito de Obstáculo Epistemológico foi descrito por Bachellard, o qual enunciou que existe uma resistência do indivíduo na aceitação e na construção vivenciada no processo de formação de um novo conceito científico em função dos seus vínculos e de suas crenças em antigos conceitos considerados verdadeiros em períodos históricos anteriores (WACHILISKI, 2007). A dificuldade de aceitação do novo conceito se dá em função da cristalização, das experiências anteriores e da acomodação de um conceito antigo e incorporado e que provoca no estudante uma sensação de desestabilização intelectual de suas aquisições (BERENQUER, 2010).

O Obstáculo Didático se refere aos obstáculos que surgem no ambiente de sala de aula oriundos do roteiro didático adotado e das estratégias e escolhas realizadas no processo de ensino impedindo a compreensão do estudante sobre o saber.

As variáveis didáticas são elementos que influenciam o desenvolvimento de estratégias adotadas pelo estudante para a resolução de problemas (ARTIGUE, 1996; MACHADO, 2010). As variáveis didáticas de comando são aquelas em que o professor consegue manipulá-las em seu trabalho docente a fim de provocar evoluções no comportamento do aluno através da possibilidade de alterações de estratégias na resolução de problemas.

As variáveis didáticas de comando, pertencentes ao Sistema Didático (Professor / Aluno / Saber) podem ser locais (microdidáticas) ou globais

(macrodidáticas). As variáveis macrodidáticas se referem aos elementos de natureza global da engenharia didática enquanto as variáveis microdidáticas se referem a elementos verificados em um dos eventos da engenharia didática, ou seja, à organização de uma sessão ou de uma fase.

4.1. As Fases da Metodologia da Engenharia Didática

Segundo Artigue (1996), a metodologia da Engenharia Didática é composta por quatro fases as quais podem acontecer em sequência ou até haver etapas em que elas aconteçam em superposição ou articuladas. A primeira fase é marcada pelas Análises Preliminares, a segunda fase é composta pela Concepção e Análise a priori das Situações Didáticas, a terceira fase é denominada de Experimentação e por fim, a quarta e última etapa consiste na Análise a posteriori e a Validação.

4.1.1. Fase 1: Análises Preliminares

Nesta etapa, o pesquisador se dedica a construção do quadro teórico didático sobre o tema ou conteúdo específico a ser ensinado, valorizando as suas experiências anteriores de ensino. Durante este passo inicial é dedicado um período para uma revisão bibliográfica sobre as pesquisas de ensino do tema ou conteúdo ponderando sobre as condições e contextos do ambiente escolar a ser investigado, além de ser necessária uma análise e reflexão sobre os aspectos histórico-epistemológicos dos conteúdos a serem trabalhados avaliando como tem sido ensinado atualmente e como foi ensinado no passado, reconhecer as concepções dos estudantes, os possíveis instrumentos e recursos didáticos capazes de serem utilizados, uma reflexão sobre as formas e a dinâmica de mediação do processo didático estabelecido entre professor, aluno e saber, além de prever possíveis dificuldades e obstáculos vivenciados pelos aprendizes durante as atividades de ensino.

As análises preliminares se prestam a criar expectativas nos pesquisadores sobre as possibilidades de diversos obstáculos, dificuldades e erros dos alunos as quais possibilitarão ao investigador projetar e construir situações didáticas que procurarão provocar a superação destes problemas observados, de forma

controlada e ponderando sobre os fatores analisados e atendendo os objetivos de aprendizagem definidos (POMMER, 2013).

Verificamos que nas Análises Preliminares o pesquisador em suas reflexões e planejamentos se apropria de elementos e constatações associadas a conceitos da área de Ensino e da Didática da Matemática, tais como: Transposição Didática, Obstáculos Didáticos e Contrato Didático.

O conceito de Transposição Didática consiste no estudo dos impactos e transformações que o saber acadêmico sofre no percurso desde as ideias dos autores de livros, pelas interpretações dos professores, pelas influências das orientações dos parâmetros e diretrizes curriculares e pelos especialistas em educação até chegar a versão do saber a ser ensinado ao aluno em sala de aula com a intenção de simplificações, sistematização e tentativas de atendimento ao nível intelectual do estudante (WACHILISKI, 2007).

A partir da definição dos objetivos de aprendizagem da pesquisa e das variáveis didáticas, o pesquisador, em seu processo de desenvolvimento da sua Engenharia Didática dá prosseguimento com a execução da construção e da concepção de suas sequências didáticas.

Na Análise Preliminar recomenda-se desenhar uma descrição dos principais aspectos que definem o fenômeno em questão, tais como: os aspectos epistemológicos, didáticos e cognitivos. Além disso, é necessário o levantamento das constatações empíricas, um estudo sobre como se processa a formação das ideias dos sujeitos envolvidos e compreender a realidade envolvida em torno da experiência a ser investigada.

Na etapa da Análise Preliminar, além das escolhas das variáveis didáticas, o pesquisador dedica-se a construir suas hipóteses de pesquisa que serão validadas ao final de sua investigação, respondendo as questões problemas elencadas provocando mudanças no processo de ensino e aprendizagem em estudo. Daí, percebemos que o processo final, denominado de Validação das hipóteses, é vivenciado pelo docente desde a fase da Análise Preliminar, perpassando por reflexões na etapa da Concepção e Análise a Priori, até culminar na confrontação entre os resultados obtidos na Análise a Posteriori e Análise a Priori.

4.1.2. Fase 2: Concepção e Análise a priori das Situações Didáticas

Influenciado pelos resultados obtidos nas Análises Preliminares, o pesquisador encaminha e registra as suas escolhas e determina a quantidade de variáveis didáticas de comando que serão pertinentes ao seu sistema de estudo a fim de fundamentar a sua atividade de construção das situações didáticas.

A Análise a priori consiste numa etapa descritiva e preditiva em que, a partir das escolhas de certas variáveis de comando do sistema de ensino que interferem no fenômeno didático, o pesquisador desenvolve o roteiro da situação didática contendo suas expectativas, e planejamento de condutas de acordo com as ocorrências do fenômeno.

Na construção da Situação Didática, o pesquisador deve procurar desenvolver atividades de experimentação em que o estudante seja desafiado a resolver uma situação problema a qual esteja presente, ou que seja possível, a ocorrência de confronto do aluno com os obstáculos cognitivos e/ou conceituais, vivenciar dificuldades e criar situações em que haja a probabilidade de ocorrência de erros previstos na fase da Análise Preliminar (SOUSA, 2010).

Outro aspecto relevante a ser explorado, na construção da Situação Didática, é a necessidade de que o pesquisador mantenha foco em propiciar atividades em que a antecipação das possíveis estratégias e comportamentos, descritos na Análise Preliminar, sejam controlados a fim de se conseguir o desenvolvimento do conhecimento pretendido no processo de ensino e aprendizagem construído.

4.1.3. Fase 3: Experimentação

Nesta Etapa é vivenciada a aplicação da sequência didática projetada e construída, além de ser um dos momentos em que o pesquisador faz a sua coleta de dados e executa o registro destas experiências, podendo ser na forma de gravação de áudios, preenchimento de fichas de observação, filmagens dentre outros recursos. A sequência didática de experimentação pode ser composta por uma quantidade de aulas ou sessões, tendo a necessidade de que o professor, no início

da experimentação, realize uma explanação transparente de seus objetivos e estabeleça o perfil do seu contrato didático adotado.

Esses eventos de ensino, as situações didáticas de experimentação, devem passar por um planejamento e uma análise prévia apurada com o intuito de observar as situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos previstos e variáveis didáticas a controlar na pesquisa didática.

4.1.4. Fase 4: Análise a posteriori e a Validação

Esta fase é voltada ao tratamento e análise das informações adquiridas por consequência da aplicação da sequência didática na fase de experimentação. A aquisição dessas informações vem por intermédio do pesquisador ou da equipe que está aplicando a experiência.

A *validação* é a etapa na qual o pesquisador realiza uma comparação entre os resultados e expectativas declaradas na análise a priori e os elementos apontados na análise a posteriori, a qual qualificamos como validade interna, já que os resultados se limitam ao contexto da experiência realizada. Nesta etapa é realizada a validação ou não das hipóteses concebidas na pesquisa.

5. METODOLOGIA DA PESQUISA

Como o objeto de nossa pesquisa foi analisar as contribuições da utilização da Robótica Educacional no ensino de física a partir de situações didáticas de resolução de desafios utilizando alguns elementos da Engenharia Didática Clássica, a metodologia selecionada foi a de um estudo de multicasos apontando uma abordagem qualitativa e quantitativa dos resultados, utilizando estratégias do tipo exploratória, descritiva e interpretativa, permitindo uma flexibilidade metodológica.

No cenário de pesquisa científica encontramos uma histórica dicotomia entre as abordagens de pesquisas qualitativas e quantitativas (FERREIRA e LOGUERCIO, 2016). As pesquisas qualitativas são multimetodológicas e ressaltam o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador assume o papel de levantar dados predominantemente descritivos e induzir conclusões e interpretando valores e significados a partir das abstrações construídas frente as inspeções dos dados observados (LÜDKE e ANDRÉ, 1986). As pesquisas quantitativas se utilizam de estratégias de objetividade e tende a coleta de dados estruturados e construções de resultados que possam ser quantificados por meio da análise dos dados e a utilização de tratamentos estatísticos (BRÜGGEMANNI e PARPINELLI, 2008).

As abordagens de investigação qualitativa e quantitativas isoladamente podem se apresentar como carentes e insuficientes para compreender toda a realidade observada. Daí, enxergarmos as duas abordagens de pesquisa com características complementares, desde que sejam usadas com precisão e rigor científico em suas análises. Dentro do enfoque metodológico, há coerência no disfrutar da adição das contribuições das duas abordagens e ser possível dialogar entre elas, salientando que os resultados de uma das abordagens podem gerar questões que poderão ser aprofundadas através de dados coletados a partir da outra abordagem de investigação (BRÜGGEMANNI e PARPINELLI, 2008).

5.1. Retomando Pesquisas Anteriores

Durante os anos de 2010 até 2012, vinculado ao programa de mestrado de Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco,

desenvolvemos uma pesquisa cujo objetivo foi o de investigar se o sujeito recorre a sua bagagem de saberes científicos construídos nos ambientes escolares com a finalidade de solucionar desafios em situações problema. O desafio proposto foi o de desenvolver uma catapulta, montada com peças do Kit de Robótica da Lego Mindstorms NXT, que lançasse uma bola a uma distância superior a um metro. O dispositivo possuía uma estrutura de alavanca a qual possibilitou a articulação de conceitos físicos. O estudo multicasos foi realizado através de observações de atividades de Robótica, estruturadas sob a luz do Ciclo da Experiência de Kelly, em cinco etapas, realizadas com três grupos de alunos: um com estudantes do Ensino Fundamental, outro com alunos do 2º ano do Ensino Médio e o terceiro composto por licenciandos em Física. Os resultados evidenciaram que o conhecimento de diversos conceitos físicos permitiu uma maior diversidade de hipóteses para a solução dos desafios. Após a vivência da experiência, a implementação destas práticas didáticas, utilizando a Robótica, se mostrou uma poderosa ferramenta para o ensino de Física, obtendo uma aprendizagem mais significativa e melhores contextos (LIMA, 2012).

A nossa nova proposta de investigação, exposta nesta pesquisa a nível de doutorado, apresentou diversos avanços e ampliações de estudos, dos quais destacamos:

- A possibilidade de articular duas concepções com implicações no processo reflexivo da pesquisa e aplicações metodológicas: a Teoria dos Constructos Pessoais (TCP) de George Kelly e alguns elementos da Engenharia Didática Clássica.
- Desenvolver e estudar os resultados de uma sequência didática com uma amostra de sujeitos da pesquisa em maior número utilizando as duas versões dos Kits da Lego Mindstorms (NXT e EV3) nas interlocuções didáticas a partir de alguns elementos da Engenharia Didática Clássica.
- Investigar as contribuições de uma Sequência de Ensino na consolidação de conteúdos formais do currículo de Física do Ensino Médio em ambientes escolares, no caso foi selecionado o fenômeno do Encontro de Corpos em Movimento Uniforme tendo sido feito a sua escolha em função da facilidade de articulação e reprodução do fenômeno físico com a montagem de robôs utilizando o kit de Robótica Lego Mindstorms.

- Convergir a abordagem qualitativa da pesquisa com elementos obtidos através das observações das Interlocuções para uma complementação da abordagem de análise quantitativa dos dados observados através da Análise Estatística Implicativa (ASI).

5.2. Caracterização dos sujeitos e campos da pesquisa

5.2.1. Professores de Física como sujeitos da pesquisa

Em nossa dinâmica de pesquisa procuramos utilizar alguns elementos da Engenharia Didática Clássica a qual destaca que uma de suas etapas metodológicas consiste na Análise Preliminar. Como na Análise Preliminar o pesquisador se dedica a avaliar como se tem ensinado os conteúdos e a reconhecer quais as dificuldades e obstáculos que os estudantes vivenciam durante as atividades de ensino, propusemos um levantamento, que complementa ao que está exposto na Literatura disponível, no qual buscamos coletar as percepções de professores de Física sobre estes aspectos para nos auxiliar na construção das sequências de ensino tentando provocar a superação das dificuldades apontadas. Daí um dos grupos de sujeitos envolvidos na pesquisa consistiu em 14 (quatorze) professores de Física atuantes em escolas pernambucanas de Ensino Médio tanto no Ensino Público quanto na Rede de Ensino Privado. Inicialmente, na fase de projeto de pesquisa, tínhamos programado trabalhar com 10 (dez) professores. Enviamos os questionários de coleta de suas percepções para 16 (dezesesseis) professores, pertencentes a duas instituições escolares as quais os estudantes participantes pertenciam e mais uma instituição a que o pesquisador possuía vínculo durante o período desta investigação. Destes 16 (dezesesseis) questionários enviados foram respondidos 14 (quatorze) os quais serviram de amostra de análise. Destes professores, um deles era professor de física dos estudantes da escola do Ensino Médio.

Caracterizando o perfil dos professores envolvidos na coleta de dados sobre as suas percepções, tivemos 13 professores do sexo masculino e apenas uma professora de física, dos quais 64% pertencem a faixa etária entre 20 e 40 anos de idade e os demais 36% possuem entre 41 e 60 anos de idade. O grupo de

professores de Física era composto por 12 professores licenciados em Física (86%) e 2 com formação em Bacharelado em Física (14%), com 72% dos professores possuindo um tempo de experiência de ensino acima de 12 anos e com 12 professores com título de Mestre (86%) e um professor com título de Doutor em Ensino das Ciências (7%). Desta forma, conseguimos perceber que pelo perfil exposto, trabalhamos com um elenco de profissionais com uma boa experiência docente e uma apreciável formação acadêmica capaz de nos fornecer subsídios para a complementação de nossa Análise Preliminar na estruturação de nossa sequência de ensino.

5.2.2. Estudantes sujeitos da pesquisa na Situação Didática de Encontro de Corpos

Um outro grupo de sujeitos envolvidos na pesquisa consistiu em 119 estudantes que vivenciaram a Sequência de ensino utilizando a Robótica Educacional sobre o Encontro de Corpos em Movimento Uniforme. Estes sujeitos da investigação foram compostos por 87 estudantes com uma média de idade de 14,5 anos pertencentes ao 1º Ano do Ensino Médio de uma escola da rede particular, Colégio EQUIPE, localizada na cidade do Recife em Pernambuco, e 32 estudantes com uma média de idade de 22,7 anos vinculados ao Ensino Superior cursando a Licenciatura em Física do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) localizado no município de Pesqueira a 208 km da capital de Pernambuco. Estes estudantes vivenciaram as Sequências de Ensino Aprendizagem articulando a Robótica Educacional em processos de ensino de conceitos da Física agrupados em equipes com 3 a 4 componentes, totalizando 36 (trinta e seis) equipes: sendo 24 (vinte e quatro) equipes com alunos do Ensino Médio; e mais 12 (doze) equipes com estudantes da Licenciatura em Física. Os campos de pesquisa a que pertencem os sujeitos envolvidos na pesquisa, o IFPE campus Pesqueira e o Colégio EQUIPE de Recife, foram escolhidos pela praticidade, acolhimento e receptividade tanto do Grupo Gestor quanto do corpo docente das duas instituições pelas atividades da pesquisa, assim como por ser ambiente de trabalho do pesquisador. Escolhemos dois agrupamentos de alunos em contextos formativos e estruturais diferentes, um sendo de estudantes do Ensino Médio e outro com alunos do Ensino Superior, a fim de estudarmos quais os impactos provocados em suas concepções e aprendizagens

quando da vivência da sequência de ensino estruturada com alguns elementos da Engenharia Didática Clássica.

5.3. Procedimentos metodológicos

Para a efetivação da investigação pretendida utilizando a articulação de projetos de montagem com a Robótica Educacional e a Engenharia Didática em sequências de ensino da Física, vivenciamos uma sequência de procedimentos de execução e atividades, representadas na forma de fluxograma ilustrado na Figura 9, além de descrevermos e detalharmos estas Etapas e procedimentos metodológicos nas seções seguintes. Destacamos que algumas etapas dos nossos Procedimentos metodológicos contemplam as etapas da Engenharia Didática Clássica e sua sequência natural de desenvolvimento da pesquisa. Buscamos a inserção de procedimentos metodológicos adicionais que auxiliaram a coleta de dados e os registros para a divulgação e socialização dos resultados de nossa investigação, tais como: a Aplicação de Teste Diagnóstico, a Complementação dos Registros e a Construção do Relatório.

Figura 9 - Fluxograma Ilustrativo dos Procedimentos Metodológicos



Fonte: (Autoria Própria, 2017).

5.3.1. Análise Preliminar

Como tivemos o objetivo de utilizar alguns elementos da Engenharia Didática Clássica como instrumento de mediação da pesquisa e recurso de análise dos nossos resultados, tomamos como a primeira Etapa metodológica de nossa investigação: a Análise Preliminar. Nesta fase dedicamos esforços para a Seleção de Conteúdos e escolhas de Projetos de Experimentação abordando conceitos físicos utilizando a Robótica Educacional como interface de mediação. Inicialmente, buscamos identificar projetos de montagem de Robótica disponibilizados pela Lego Mindstorms em sites específicos na Internet e em Revistas de Educação Tecnológica Lego ZOOM. Dentre os projetos de montagem acessados e selecionados, escolhemos um deles que serviu de inspiração para a criação da situação didática descrita na sequência. O projeto selecionado foi abordando o fenômeno do Encontro de Corpos em Movimento Uniforme utilizando dois robôs carros.

Nesta Etapa, após a definição da situação didática e levantamento dos conceitos matemáticos e físicos envolvidos na sequência de ensino proposta, nos dedicamos a levantar e coletar informações que serviram de base para a Análise a Priori e a Concepção da Situação Didática.

Nesta coleta de informações para a construção do quadro teórico didático sobre os conteúdos específicos a serem ensinados, além de realizarmos uma revisão bibliográfica sobre as pesquisas de ensino do conteúdo buscamos coletar, através de Questionário (APÊNDICE D), as percepções e expectativas de 14 professores que atuam no Ensino Médio identificando as diversas dificuldades, erros, estratégias e obstáculos proporcionados durante as atividades de ensino dos conteúdos com o objetivo de termos mais elementos para a construção de nossos roteiros e encaminhamentos didáticos na situação de ensino investigada. Estes questionários foram aplicados através de envio de link de Formulário Google e apurados através da planilha de respostas da Ferramenta Google.

5.3.2. Concepção e Análise a priori da Situação Didática

Durante esta etapa dedicamos um período para o planejamento e a estruturação da Sequência de ensino através de 3 tarefas: Desenvolvimento da

Situação Didática, Estruturação da metodologia da Pesquisa e Elaboração dos Instrumentos de coleta de dados.

Na tarefa de Elaboração dos Instrumentos destinados a coleta de dados sobre as percepções, as estratégias utilizadas e das hipóteses concebidas pelos estudantes participantes durante as experimentações, construímos as *Fichas de Registro das Observações* (APÊNDICE E e APÊNDICE F), nas quais inserimos o roteiro da observação e questionários com espaços para preenchimento das respostas dos sujeitos aos desafios propostos, assim como: o registro da construção de suas justificativas e diagramas, que serviram como dados para as nossas análises.

5.3.3. Aplicação do Teste Diagnóstico

Mapeamos as necessidades para execução do estudo da implementação da Sequência de ensino de conceitos da Física, empregando a Robótica Educacional, com os estudantes do Ensino Médio e do Ensino Superior. Constatamos que para tal sequência de ensino ser executada eram necessários dispositivos de ordem materiais tais como: computador, cronômetro, fita métrica, kits de Robótica da Lego Mindstorms e um ambiente escolar adequado para que as equipes desenvolvessem as atividades. Os dispositivos e equipamentos, tais como computador e kits de Robótica foram disponibilizados tanto no Colégio Particular, por possuir 6 kits em seu laboratório, quanto no IFPE *campus* Pesqueira, o qual possui 4 kits cuja aquisição foi fruto de projeto aprovado em parceria com o CNPq.

Outra necessidade se refere a habilidade dos estudantes no manuseio dos Kits de Robótica evitando que as dificuldades de solução dos desafios propostos sejam provocadas pela carência ou falta de habilidade no trabalho com a Robótica Educacional e os kits Lego Mindstorms¹. Este aspecto não foi problema pois os

¹ Sobre a experiência dos sujeitos participantes na experimentação com a montagem e programação dos robôs, não constituiu em um aspecto relevante que interferisse nos resultados do ensino e análise do fenômeno do Encontro de Corpos devido a simplicidade da programação requerida e que a montagem utilizando as peças do Lego se restringiu a seguir o Guia de Montagem que adota uma metodologia de construção intuitiva e utilizada nos manuais dos brinquedos da Lego os quais fazem parte do cotidiano de boa parte dos estudantes desta escola do Ensino Médio.

alunos das instituições envolvidas já tinham vivido experiências anteriores de manuseio do kit. E especificamente, no caso dos estudantes da Licenciatura em Física, também possuíam o conhecimento do trato com os kits de Robótica pois já tinham participado de Oficinas de Robótica durante alguns componentes curriculares do curso.

Nesta Etapa realizamos a Apresentação do projeto para os alunos sujeitos da investigação e realizamos um convite a participar das atividades de nossa pesquisa com um projeto desafiador, agrupados em equipes de 3 a 4 componentes.

Além do convite aos alunos, dedicamos um tempo para a aplicação de um Teste diagnóstico de sondagem para reconhecimento de conhecimentos, competências desenvolvidas e estratégias de resolução já estruturadas (APÊNDICE G). Os resultados coletados através deste Teste diagnóstico também serviram como elementos mediadores e de reconhecimento de estratégias, obstáculos e erros expostos no instrumento a fim de complementar a Análise Preliminar e a Concepção da Situação Didática.

5.3.4. Experimentação

Nesta fase, os alunos vivenciaram as Atividades da Sequência de ensino experimental nas quais proporcionamos obstáculos cognitivos e dificuldades conceituais, e procuramos acompanhar as suas trajetórias e estratégias para resolução dos desafios propostos, coletando os dados da investigação através da Gravação das imagens e áudios das Observações e da aplicação das *Fichas de Registro das Observações* (APÊNDICE E e APÊNDICE F).

5.3.5. Aplicação do Teste de Avaliação Final

Após a vivência das atividades experimentais de montagem, programação dos robôs e levantamento dos valores teóricos e experimentais do instante e posição de encontro dos robôs e análise comparativa, os estudantes após em torno de 3 a 4 semanas foram submetidos a aplicação do Teste de Avaliação Final com uma estruturação similar ao Teste de Diagnóstico com o objetivo de complementação do processo de aprendizagem e avaliação proposto pela sequência de ensino (APÊNDICE H).

5.3.6. Análise a posteriori e Validação

A partir do levantamento das informações verificadas após a Sequência de ensino registradas nas Fichas de Registro das Observações, montamos um quadro sintético com parâmetros obtidos nas observações. Período dedicado para a Categorização dos dados e a Análise e Síntese dos dados criando uma comparação entre as concepções construídas na fase de Análise a priori com os resultados obtidos na Análise a posteriori.

5.3.7. Construção do Relatório da pesquisa.

Após a Etapa de Análise a posteriori, dedicamos um período para o desenvolvimento do texto reflexivo e avaliativo sobre a investigação e os resultados da sequência de ensino aplicada a partir de alguns elementos da Engenharia Didática assim como a Análise Estatística Implicativa de variáveis qualitativas observadas na Situação Didática.

5.4. Instrumentos da Investigação

Utilizamos diversos instrumentos em nossas investigações com a finalidade de auxílio no processo de coleta de dados, em processo de roteiro metodológico na construção da Situação Didática e em processo de análise dos dados. Detalhamos nas seções seguintes os diversos instrumentos de pesquisa utilizados como recursos de apoio em nossa investigação.

5.4.1. Formulários de Coleta de Expectativas dos Professores

Uma das etapas da Engenharia Didática consiste na Análise Preliminar na qual o pesquisador se utiliza das experiências externadas na literatura publicada sobre o tema tentando identificar dificuldades, erros e obstáculos apresentados pelos estudantes em situações de estudo dos fenômenos físicos e nas resoluções de situações problema propostas. Na intenção de enriquecimento dessas informações sobre as manifestações de estratégias e dificuldades dos estudantes nestes contextos, construímos um questionário dedicado a colher as percepções e

expectativas de 14 professores atuantes em escolas do Ensino Médio (APÊNDICE D).

Este questionário foi respondido através de processo virtual utilizando a ferramenta do Google Formulário. Enviamos o link do formulário correspondente a cada um dos 14 professores de Física, sujeitos da pesquisa descritos na seção correspondente de nossa metodologia da pesquisa, e ao termos acesso as suas respostas, através da Planilha de respostas do Google Formulário, nos possibilitaram a complementação de informações concebidas em função da experiência profissional do pesquisador e do acesso aos dados publicados em pesquisas anteriores sobre como se ensina os conteúdos selecionados, as dificuldades, os obstáculos de aprendizagem e a expectativa de possíveis estratégias para a resolução dos desafios por parte dos estudantes.

5.4.2. Fichas de Registro das Observações

Selecionamos um projeto de montagem de Robótica Educacional utilizando os kits Lego Mindstorms que inspiraram o desenvolvimento da Situação Didática de Ensino do Conceito da Física: o Encontro de Corpos.

O instrumento didático desenvolvido para ser aplicado na sequência de ensino utilizando a Robótica consistiu em submeter as equipes de alunos do Ensino Médio e do Ensino Superior a montagem de dois robôs que foram construídos no formato de carros seguindo o guia de montagem fornecido pelo fabricante, disponível em catálogos do Kit Lego Mindstorms (ANEXO B).

Primeiramente, uma fita métrica foi fixada no piso do local da experiência para indicar o espaço em que os carros, que se encontram sobre o piso, iriam percorrer durante a simulação. Os dois carros robôs foram programados para realizarem movimentos uniformes, porém cada um dos robôs foi programado para se deslocar com velocidades diferentes. Inicialmente, os estudantes buscaram determinar a velocidade de seus carros a partir de leituras utilizando um cronômetro (disponível em seus aparelhos celulares) para obter os tempos decorridos correspondentes as posições ocupadas. Após tal dimensionamento, os mesmos foram posicionados um de frente ao outro, sobre a fita métrica, com a finalidade de simular o encontro e assim realizarem o evento do Encontro de corpos com a determinação experimental

do instante e da posição de encontro. Terminada a experiência, os alunos foram desafiados a encontrar o instante e a posição de encontro entre os corpos através de estratégias físicas e/ou matemáticas e posterior comparação destes valores teóricos com os valores obtidos no processo experimental.

Como elencamos uma amostra de pesquisa constituída de 36 equipes de estudantes e cada sequência de ensino da situação didática em estudo foi vivenciada com 2 equipes trabalhando ao mesmo tempo, já que precisávamos dos dois carros montados para efetivação da situação problema de Encontro de Corpos. Diante do contexto, procedemos o acompanhamento de observação em 18 eventos.

Durante os eventos de experimentações e no desenvolvimento dos projetos de Robótica, os alunos do Ensino Médio e do Ensino Superior preencheram as Fichas de Registro das Observações as quais possuem campos de preenchimento de texto discursivo, representações em desenhos, registro de ideias de solução e/ou resoluções físicas ou matemáticas para solução das situações problema propostas. Estes registros serviram para reconhecer elementos para as análises tanto com características de abordagem qualitativa quanto na abordagem quantitativa ao reconhecer variáveis que nos permitiram o apoio da Análise Estatística Implicativa (ASI).

Em atividades de pesquisa anteriores, utilizamos os elementos da Teoria dos Constructos Pessoais (TCP) de George Kelly como aporte teórico de orientação para construir um roteiro de ensino de conceitos da Física e percebemos que o desenho metodológico construído na sequência de ensino conseguiu atender as nossas expectativas de envolvimento dos sujeitos e permitiu a verificação de construções estabelecidas pelos sujeitos da pesquisa (LIMA, 2012).

Em função destes resultados obtidos, nesta investigação projetamos as Fichas de Registro das Observações da Situação Didática (APÊNDICE E e APÊNDICE F), simulando um mecanismo de aprendizagem que propicie a experiência de situações que contemplem as etapas do Ciclo da Experiência de George Kelly (CEK).

O psicólogo George Kelly, autor da Teoria dos Construtos Pessoais (TCP), contribuiu com a ideia de que os indivíduos em seu ambiente de aprendizagem interpretam o meio que os cercam e agem semelhantes a um cientista, onde

elaboram suas hipóteses fundamentados em seus argumentos e estruturas mentais, e os submetem as validações durante suas construções pessoais (MOREIRA, 1999).

Hall, Lindzey & Campbell (2000) explicam o construto como sendo a forma como a pessoa constrói, interpreta, compreende o mundo, representa a realidade e antecipa eventos a partir de suas experiências e de seus conceitos prévios. Cada indivíduo possui seu próprio sistema de construtos que consiste num conjunto ordenado desses construtos. Esse sistema está aberto às alterações na proporção em que vivemos novos acontecimentos. A partir desta possibilidade de mudanças no sistema de construto de cada indivíduo, Kelly enxerga uma relação com o fenômeno da aprendizagem (MOREIRA, 1999). Portanto, essa mudança é um ponto crucial para o processo de aprendizagem.

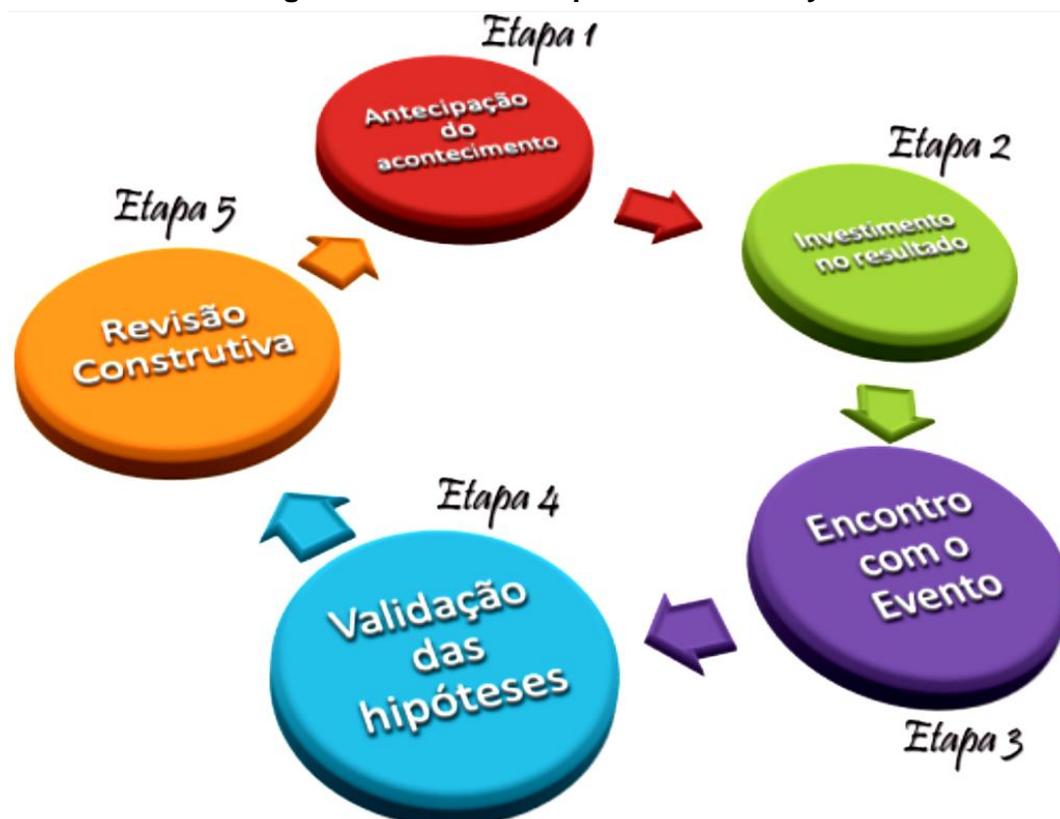
George Kelly compôs a TCP na forma de um postulado fundamental, que propõe que o entendimento que o ser humano tem da realidade e o seu comportamento são dirigidos pelas suas expectativas em relação ao que vai acontecer se ele agir de determinada forma, é o que chama de antecipar eventos (HALL, LINDZEY e CAMPBELL, 2000).

Além do postulado fundamental, a TCP é complementada com onze corolários que detalham o processo de interpretação, da estrutura de construção dos sistemas pessoais. Dos onze corolários, iremos nos restringir ao estudo do Corolário da Experiência, no qual Kelly declara que o conjunto de interpretação de um indivíduo varia conforme interpreta sucessivamente as réplicas de eventos. Neste corolário, a sua teoria, ao enunciar que aprender da experiência por meio da confirmação ou refutação de hipóteses – a metáfora do cientista - propõe um ciclo de construção de eventos, chamado de Ciclo da Experiência de Kelly (CEK), o qual é mostrado na Figura 10 (ROCHA, TENÓRIO e BASTOS, 2008).

O Ciclo da Experiência de Kelly (CEK) é composto de cinco fases: *Antecipação do acontecimento* a qual consiste em proporcionar ao indivíduo instantes de reflexão, dedicados a ordenação dos conhecimentos em suas mentes; *Investimento no resultado*, momento da inquietação e procura pelo significado do que não se sabe em acervos e/ou com colegas e professores; *Encontro*, consiste no evento para o qual se preparam, a execução da atividade; *Confirmação ou refutação da hipótese*, instante de tomada de decisão, com aceitação ou não dos resultados obtidos e a *Revisão Construtiva do Sistema de Constructos*, momento em que os

indivíduos sedimentam seus conhecimentos (ROCHA, TENÓRIO e BASTOS, 2008; NEVES, CARNEIRO-LEÃO, FERREIRA, 2012).

Figura 10 - Ciclo da Experiência de Kelly



Fonte: (NEIMEYER; NEIMEYER, 1987, p. 7, adaptado).

Portanto, na estruturação e roteiro de nossa sequência de ensino de pesquisa utilizando a Robótica Educacional respeitamos uma sequência didática que, inicialmente, o estudante fosse submetido a uma etapa de *Antecipação do acontecimento*, na qual o aluno foi estimulado a pensar sobre os seus sistemas mentais e os utilize a fim de antecipar o evento de solução ao desafio. Ou seja, caracteriza-se por um momento de organização dos conhecimentos em sua mente.

Num segundo momento, estimulamos que o aluno vivencie a Etapa do *Investimento*, na qual o aluno se prepare para se confrontar com o evento. Desta forma, o estudante, nesta etapa, procurará por novos saberes através de leituras e conversas interagindo com os livros, internet, colegas e professores. O professor pode reservar um instante de formação com exposição de procedimentos e estratégias, assim como realizar orientação e inserção de novos saberes articulados. Além de oportunizar a pesquisa e atividades de interatividade de socialização dos conhecimentos.

O terceiro instante, o *Encontro*, o aluno experimenta a construção da maquete e da programação. Caracteriza-se como o momento da execução da atividade a que ele se preparou, um ambiente de intensas experiências e possíveis confrontos com suas expectativas, conceitos científicos construídos e previsões. Caracteriza-se pela vivência e experimentação da situação problema na qual buscamos envolver os estudantes nas construções e manuseio com as peças de robótica e verificação do fenômeno em situação concreta.

A quarta fase, a *Validação das hipóteses*, o estudante avalia as suas teorias e toma as suas decisões, com aceitação ou não dos resultados obtidos. Após este instante de confronto e desequilíbrio de suas ideias anteriores, o aprendiz vivencia a última etapa, a *Revisão Construtiva*, na qual ocorre a reflexão sobre os pontos de dificuldades vivenciados e a sedimentação de seus conhecimentos. O aluno pode construir novas relações dentro do seu sistema de construtos, substituindo ou agregando novas estruturas subordinadas a construtos já existentes. Estas estruturas são previstas pelo Corolário da Organização (MOREIRA, 1999).

5.4.3. Teste Diagnóstico da Situação Didática

Um teste avaliativo diagnóstico (APÊNDICE G) foi desenvolvido e aplicado com o objetivo de avaliar individualmente o grupo de sujeitos da pesquisa, estudantes de Ensino Médio e do Ensino Superior. Procurou coletar informações sobre os conhecimentos referentes as situações do Encontro de corpos em Movimento Uniforme antes da realização e vivência da sequência didática experimental utilizando a Robótica Educacional, assim como reconhecer as estratégias utilizadas para resolução dos desafios, as dificuldades e/ou obstáculos vivenciados pelos estudantes na resolução da situação problema.

O Teste Diagnóstico consistiu em um instrumento de coleta de informações composto por 6 (seis) questões. A primeira Questão teve o objetivo de identificar se o estudante conseguia definir, com as suas palavras, o conceito de Movimento Uniforme.

Como é possível que um estudante consiga memorizar a definição de um conceito, mas ter dificuldades em utilizá-lo nas aplicações e identificá-los em diferentes contextos, na segunda Questão, expomos uma tabela com 4 (quatro)

movimentos diferentes, contendo a posição do corpo em função dos instantes de tempo decorridos, na qual o estudante tinha que identificar quais dos 4 (quatro) movimentos eram Movimento Uniforme.

Na resolução da Questão 2 era necessário que o aluno calculasse a velocidade descrita a cada intervalo de tempo e detectar qual se comportava com valores constantes. Apenas 2 (dois) movimentos expostos eram casos de Movimento Uniforme. Importante destacar que um deles apresentava um caso de repouso com a posição sendo constante, fato que pode confundir a percepção do estudante.

A terceira Questão consistiu em, a partir de uma situação contextualizada, o estudante ter que determinar a velocidade média de um móvel e transformar o seu resultado expressar esta velocidade com unidade de medida em quilômetros por hora (km/h).

As três demais questões do Teste Diagnóstico colocaram os estudantes em situações de desafio de determinar o instante e a posição de encontro dos corpos. Destacamos que em uma das situações, fornecemos as equações horárias de espaço de cada móvel e colocamos o móvel mais veloz posicionado a frente do outro, o que resulta em impossibilidade de ocorrer ultrapassagem. Buscamos identificar os estudantes que percebem tal ocorrência e entendem o significado do resultado do instante de tempo do encontro dos corpos ser negativo.

5.4.4. Teste Avaliativo Final da Situação Didática

Após vivenciarem a experimentação, após algumas semanas, um Teste Avaliativo Final (APÊNDICE H) foi aplicado para que fosse realizada uma avaliação do processo de ensino vivenciado pelos sujeitos e obter mais informações e elementos que auxiliem o processo de Análise a posteriori e Validação da Situação Didática.

O Teste Avaliativo de Finalização foi construído com a mesma sistemática adotada no Teste Diagnóstico, ou seja, composto por 6 (seis) questões. A primeira buscando a definição de Movimento Uniforme, a segunda Questão reconhecendo quais dos dados da tabela de posição versus tempo representavam Movimento Uniforme na qual existia um dos movimentos com os dados da posição com valor

constante, o que representa uma situação de Repouso. A terceira Questão busca a determinação da velocidade média e transformação da velocidade para km/h. E as 3 (três) últimas questões com situações de Encontro de Corpos sendo solicitado o instante e a posição de encontro dos corpos. Novamente, inserimos uma situação em que, ao darmos as equações horárias do espaço de cada móvel, o corpo mais veloz se posicionava a frente do outro. Daí, não ocorre a ultrapassagem e chegamos a um instante de tempo com valor negativo.

5.4.5. A Análise Estatística Implicativa e de Similaridade

A Análise Estatística Implicativa (A.S.I) consiste em uma ferramenta teórica e prática que permite a análise de dados multidimensionais qualitativos focada no conceito de implicação estatística ou mais precisamente sobre o conceito de quase-implicação, se diferenciando do conceito de implicação lógica dos domínios da lógica e da matemática. O surgimento do conceito de quase-implicação tem suas raízes epistemológicas nutridas de questões surgidas nos estudos da Didática da Matemática (GRAS et al, 2013). As aplicações do conceito de quase-implicação consistem em dimensionar um *índice de implicação* o qual mede o grau de probabilidade de ocorrer uma dependência e/ou inferência entre variáveis ou classes de variáveis (GRAS e LARHER, 1994).

A Análise da Similaridade consiste no reconhecimento de proximidades entre um conjunto de variáveis expresso através de um valor denominado de índice de similaridade, provocando um agrupamento de variáveis devido as semelhanças estatísticas encontradas entre as variáveis envolvidas.

A partir de 1985, o pesquisador do Núcleo de Pesquisa Didática da Matemática da Universidade de Rennes, na França, Régis Gras desenvolveu um software denominado Classificação Hierárquica, Implicativa e Coesiva (CHIC), o qual foi aperfeiçoado por Saddo Ag Almouloud e por Harrison Ratsimba Rajohn, em 1992, e tem sido atualizado por Raphael Couturier (GRAS et al, 2013). O CHIC permite a análise e tratamento de dados, possuindo funcionalidades de extração de índices de implicação entre sujeitos e variáveis, além de possibilitar a exibição de representações gráficas destas implicações.

O software CHIC possibilita diversos tipos de tratamento dos dados no quadro da Análise Estatística Implicativa e da Análise de Similaridade. Ele produz 3 gráficos que foram utilizados nesta pesquisa: a Árvore de Similaridade, o Grafo Implicativo e a Árvore Coesitiva. No primeiro caso, o CHIC faz os cálculos dos índices de similaridades e apresenta na forma gráfica chamada de *Árvore de Similaridade*. O aplicativo calcula duas a duas variáveis determinando o índice de similaridade e depois agrupa em classes de variáveis, reagrupando essas classes gerando assim uma representação gráfica. Para gerar o *Grafo Implicativo* seleciona-se os valores mínimos de implicação. O gráfico apresenta com o uso de vetores as implicações entre as variáveis que se apresentam acima do índice de implicação escolhido. A terceira forma de gráfico representativo é a *Árvore Coesitiva*, a qual exibe uma janela contendo uma árvore ascendente de acordo com os resultados dos cálculos dos índices de coesão implicativa.

Em nossa Situação Didática procuramos elencar algumas variáveis qualitativas fruto das nossas observações realizadas e as transformamos em parâmetros quantitativos binários, tendo uma amostragem que evidencie as tendências. A partir da obtenção destas variáveis quantitativas binárias observadas da ocorrência ou não de fenômenos didáticos, e em função dos perfis ou características dos sujeitos da pesquisa, buscamos através das ferramentas disponíveis do Software CHIC, utilizar uma abordagem da Análise Estatística Implicativa (ASI), com a intenção de evidenciar relações entre as estratégias adotadas, conceitos utilizados, superação de erros cometidos com a obtenção de sucesso na solução dos desafios propostos.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NO ESTUDO DA SITUAÇÃO DIDÁTICA SOBRE O FENÔMENO DO ENCONTRO DE CORPOS

Como foi descrito no texto contido em seção anterior sob o título *Metodologia da Pesquisa*, seguimos uma sequência de quatro procedimentos metodológicos a partir de elementos da Engenharia Didática Clássica, tais como: a Análise Preliminar, a Análise a Priori, a Experimentação e a Análise a Posteriori e Validação. Daí, iremos apresentar os resultados obtidos em nossa investigação e as respectivas reflexões sobre estes dados coletados em seções individualizadas correspondendo a cada uma das quatro etapas da Engenharia Didática Clássica.

6.1. Análise Preliminar: Reflexão sobre os resultados obtidos

Descrevemos nas linhas abaixo os resultados obtidos no cumprimento da etapa da Análise Preliminar da Engenharia Didática de nossa pesquisa a qual tinha como tarefas: a seleção de um conteúdo de ensino, a investigação sobre como se ensina tal conteúdo reconhecendo as dificuldades, obstáculos de aprendizagem e estratégias utilizadas pelos estudantes para a solução dos problemas, levantamento e reconhecimento dos diversos conceitos físicos e matemáticos envolvidos no fenômeno estudado e finalmente a escolha dos recursos didáticos de apoio.

Salientamos que os resultados explicitados na Etapa da Análise Preliminar foram fruto das concepções do pesquisador diante da sua experiência profissional e de informações obtidas na literatura que trata do estudo do ensino do Encontro de Corpos, além da possibilidade de complementação do quadro de resultados utilizando as informações colhidas através do Formulário de Coleta de expectativas dos 14 professores de Física colaboradores. Desta forma, na sequência exibiremos os resultados obtidos na forma de quadros os quais terão o destaque da discriminação da autoria: pesquisador ou professores colaboradores.

6.1.1. Conteúdo Programático selecionado

Diante da necessidade da escolha de um conteúdo do componente curricular Física que possibilitasse a utilização do recurso tecnológico da Robótica Educacional como apoio ao ensino, selecionamos o estudo do fenômeno do

Encontro de Corpos em Movimento Uniforme que se enquadra na área da Mecânica, especificamente na Cinemática. A razão da escolha do conteúdo teve duas motivações: a primeira pela praticidade de montagem de carros utilizando os kits de Robótica e a outra foi pelo fenômeno físico do Encontro de Corpos ser um dos primeiros fenômenos estudado nas séries iniciais do Ensino Médio.

6.1.2. Objetivo Didático da Sequência de ensino

Na Situação Didática escolhida trabalhando com o fenômeno do Encontro de Corpos em Movimento Uniforme tivemos como objetivo didático: Identificar e determinar as velocidades dos carros, reconhecer as condições iniciais dos corpos e a partir destas informações utilizar uma estratégia de resolução do problema que permita encontrar o instante e a posição de Encontro dos corpos, comparando e refletindo sobre os resultados obtidos na experimentação e nos procedimentos teóricos.

6.1.3. Conteúdos Curriculares envolvidos na Situação Didática

Inicialmente reconhecemos alguns conteúdos curriculares necessários e utilizados nas diversas estratégias de resolução das situações problemas nos fenômenos de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme e complementamos com os conteúdos mencionados pelos professores colaboradores no Formulário de Coleta (APÊNDICE D), os quais expomos no Quadro 2, discriminando alguns conteúdos curriculares relacionados ao conhecimento matemático e outros no campo do conhecimento físico, assim como de quem surgiu a percepção da necessidade e envolvimento do conteúdo curricular no estudo do fenômeno, atribuindo a autoria.

Como podemos visualizar no Quadro 2, o pesquisador, em suas experiências profissionais e a partir das leituras da literatura de pesquisa sobre o ensino do fenômeno físico disponível, detectou a articulação de conteúdos da física tais como: o conceito de Velocidade Média e o entendimento da Equação Horária do Espaço. Porém a partir da colaboração dos sujeitos professores participantes através dos questionários respondidos, foram reforçados os conteúdos já detectados e

acrescentamos a necessidade do conteúdo da física referente ao conceito de Velocidade Relativa, além dos conceitos de trajetória e posição de uma partícula.

Quadro 2 - Detalhamento dos conteúdos necessários para a resolução dos problemas

Componente Curricular	Conteúdos	Autoria
Conhecimentos Físicos	Conceito e dimensionamento da Velocidade Média	Pesquisador
	Equação Horária do Espaço no Movimento Uniforme	Pesquisador
	Conceito de Velocidade Relativa	Professores Colaboradores
	Conceitos de Trajetória e Posição de um corpo em movimento	Professores Colaboradores
Conhecimentos Matemáticos	Equação do 1º grau	Pesquisador
	Estudo de Gráficos Cartesianos (leitura e interpretação) - Diagramas Horários	Pesquisador
	Cálculo Vetorial	Professores Colaboradores
	Conceito de Função	Professores Colaboradores

Fonte: (Autoria Própria, 2017)

Quando nos reportamos aos conteúdos relacionados aos conhecimentos matemáticos, também expostos no Quadro 2, o pesquisador apontou a utilização do operacional matemático referente a equação do 1º grau e estudos de gráficos horários, enquanto os professores colaboradores acrescentaram a necessidade de empregar o conceito de função e o cálculo vetorial.

Para a solução dos desafios propostos no Teste Diagnóstico e no Teste de Avaliação Final, precisamente nas questões referentes aos problemas de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme ficou evidenciado a necessidade de uso de quase a totalidade dos conhecimentos físicos e matemáticos descritos no Quadro 2.

6.1.4. Dificuldades encontradas na resolução da Situação problema de Encontro de Corpos

Os estudantes na resolução dos problemas propostos, principalmente durante a experimentação, podem apresentar algumas dificuldades e enfrentar obstáculos que os impeçam de terem resultados satisfatórios. Identificamos algumas possíveis dificuldades que o aluno pode apresentar e complementamos com algumas

indicações feitas pelos professores colaboradores através do Formulário de Coleta (APÊNDICE D), expressas em detalhes no Quadro 3. Estas dificuldades detectadas serviram de referência e nos mobilizou a provocar a exposição dos estudantes, em nossas sequências de ensino, a situações em que tiveram de evidenciar domínio e superação dos obstáculos identificados.

Quadro 3 - Detalhamento das dificuldades e obstáculos na resolução dos problemas

Dificuldades e Obstáculos	Autoria
Ao igualar as funções horárias dos móveis e encontrar um instante de encontro negativo, o estudante pode não identificar que não haverá a ultrapassagem, pois, o corpo que está mais atrás não possui velocidade capaz de ultrapassagem.	Pesquisador
Dificuldade de resolver uma equação do 1º grau, se complicando e não conseguindo isolar corretamente a incógnita da equação.	Pesquisador
O estudante pode não conseguir representar o movimento dos corpos através das suas funções horárias de espaço.	Pesquisador
O aluno pode cometer erro na resolução caso não converta, ou converta de forma errada, as grandezas envolvidas (espaço, velocidade e tempo de estudo do movimento dos corpos para um mesmo sistema de unidades). Ou seja, converter a velocidade para km/h (dividir por 3,6) ou para m/s (multiplicar por 3,6) caso as posições sejam em quilômetros (km) ou metros (m) respectivamente.	Pesquisador
Dificuldade em relação a leitura dos enunciados das questões, o que compromete a interpretação física do problema.	Professores Colaboradores
Desconsiderar a atribuição de sinal da velocidade de acordo com o seu sentido diante da trajetória adotada (referencial adotado).	Professores Colaboradores

Fonte: (Autoria Própria, 2017)

6.1.5. Variáveis Didáticas necessárias para a resolução dos problemas de Encontro de Corpos

Sabendo que as variáveis didáticas são os elementos que influenciam o desenvolvimento de estratégias para a resolução de problemas (GÁLVEZ, 1996; ARTIGUE, 1996; MACHADO, 2010), elencamos algumas variáveis didáticas que o estudante terá que cumprir para que em sua estratégia consiga resolver a situação problema, expressas no Quadro 4.

Quadro 4 - Detalhamento das Variáveis Didáticas identificadas na resolução dos problemas de Encontro de Corpos

Variáveis Didáticas	Autoria
Compreensão sobre o significado da dependência entre posição (espaço) ocupada por um corpo e o tempo, se utilizando da ferramenta matemática que é a Equação Horária do Espaço para previsão do Encontro dos Corpos.	Pesquisador
Articulação entre o conhecimento matemático das funcionalidades do 1º grau com o significado da Equação Horária do Espaço do móvel.	Pesquisador
Representação da Equação Horária do Espaço do móvel.	Pesquisador
Determinação do valor da Velocidade Média do corpo.	Pesquisador
Identificação do tipo de movimento do corpo.	Pesquisador
Determinação do instante e da posição do Encontro dos corpos.	Pesquisador

Fonte: (Autoria Própria, 2017)

6.1.6. Estratégias para Resolução da Proposta

Através da revisão da literatura em pesquisas publicadas sobre o tema, complementado com as percepções dos professores colaboradores envolvidos nesta investigação, conseguimos reconhecer três estratégias diferentes possíveis para se chegar a solução do desafio do Encontro de Corpos proposto.

No ensino dos problemas de Encontro de Corpos, boa parte dos professores colaboradores revelaram que utilizam a metodologia de ensino inicialmente apresentando a equação horária de espaço para depois buscar o instante de encontro dos corpos em função das equações específicas de cada corpo. Depois de resolver algumas questões apresentam a possibilidade de resolver os problemas utilizando o conceito de Velocidade Relativa.

6.1.6.1. Estratégia 1: Igualar as Equações Horárias de Espaço

Este procedimento de resolução do problema de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme é encontrado como orientação principal metodológico em diversos livros didáticos (PIETROCOLA et al, 2011; DOCA et al, 2016). Inicialmente o estudante deve construir as Equações Horárias de Espaço de cada corpo em Movimento Uniforme, como exposto na Equação 1 e igualar as suas funções

horárias de espaço, que significa a condição em que os móveis ocupam a mesma posição, determinando o instante de encontro, como exposto na Equação 2 (DOCA et al, 2016). Ao substituir o instante de encontro em qualquer uma das funções horárias de espaço conseguimos determinar a posição do Encontro dos corpos.

$$S_A = S_{OA} \pm v_A \cdot t \quad \therefore \quad S_B = S_{OB} \pm v_B \cdot t \quad (1)$$

Os termos S_{OA} e S_{OB} significam as posições iniciais ocupadas pelo corpo A e corpo B na trajetória orientada respectivamente, enquanto v_A e v_B representam as velocidades do corpo A e corpo B respectivamente, respeitando a atribuição do valor positivo caso esteja a favor da trajetória orientada e negativo se estiver no sentido contrário.

$$S_{OB} \pm v_B \cdot t = S_{OA} \pm v_A \cdot t \quad (2)$$

Para ficar mais claro o mecanismo da Estratégia 1, aproveitamos a resolução de um dos sujeitos participantes da pesquisa referente a Questão 4 do Teste Diagnóstico, ilustrada na Figura 11. Como verificamos, inicialmente o estudante expressou a Equação Horária do Espaço do corpo A ($S_A = 10 + 10t$) e a do corpo B ($S_B = 80 - 25t$), notando que o sinal corretamente convencionado da velocidade do corpo B de 25 m/s foi negativo pois estava com o sentido oposto ao da orientação da trajetória. Após a montagem das duas equações horárias do espaço dos móveis, ele igualou as duas equações e obteve uma equação do 1º grau com uma incógnita que era o tempo, ao isolar o tempo, chegou ao instante de encontro dos corpos igual a 2 segundos.

Figura 11 - Recorte da Resolução de um dos sujeitos da Questão 4 do Teste Diagnóstico utilizando a Estratégia 1

Dois carros estão sobre a mesma trajetória, logo com mesma direção, porém, com sentidos opostos e velocidades de 10m/s e 25m/s respectivamente. Encontre o instante de encontro entre os móveis A e B.

$S_A = S_0 + vt$
 $S_A = 10 + 10t$
 $S_B = S_0 + vt$
 $S_B = 80 - 25t$

$S_A = S_B$
 $10 + 10t = 80 - 25t$
 $35t = 70$
 $t = 2s.$

Fonte: (Autoria Própria, 2018).

6.1.6.2. Estratégia 2: Utilizar a Velocidade Relativa

A Estratégia 2, também disponível em diversos livros didáticos como recurso de procedimento para resolução do problema de Encontro de Corpos, consiste em o estudante utilizar o recurso do conceito de Velocidade Relativa, atribuindo a velocidade relativa de um corpo em relação ao outro (supondo que um deles esteja parado). Inicialmente se determina a Velocidade Relativa do corpo mais veloz em relação ao mais lento, expresso através da Equação 3. Lembrando que o sinal atribuído para a Velocidade Relativa é positivo (+), ou seja traduzirá em uma soma das velocidades dos móveis, indicado na Equação 3, caso as velocidades dos corpos em relação ao solo estejam em sentidos opostos e atribuímos o sinal negativo (-) correspondendo a uma diferença entre as velocidades dos móveis para o cálculo da velocidade relativa, como visto na Equação 3, caso as velocidades dos corpos em relação ao solo estejam no mesmo sentido (PIETROCOLA et al, 2011).

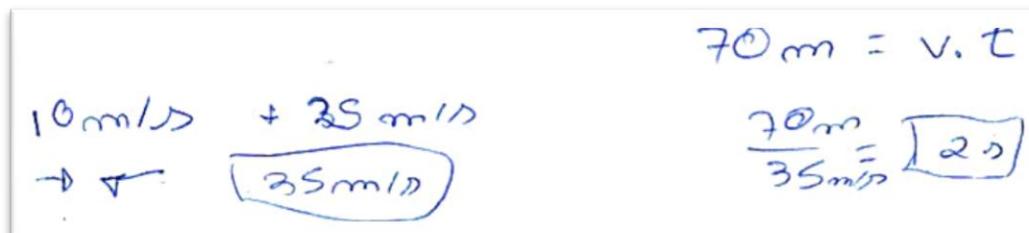
$$V_R = v_A \pm v_B \quad (3)$$

Após tal procedimento, o aluno calcula o tempo necessário para o encontro, dividindo-se a distância entre eles pela velocidade relativa calculada, como expresso na Equação 4.

$$V_R = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad \therefore \quad \Delta t = \frac{\Delta S}{V_R} \quad (4)$$

Aproveitamos, para efeito de entendimento do mecanismo utilizado pela Estratégia 2, trazemos um recorte de uma resolução da Questão 4 do Teste Diagnóstico de um dos sujeitos participantes da pesquisa mostrada na Figura 12. Como podemos perceber, inicialmente o estudante calculou corretamente a velocidade relativa através da soma das velocidades ($V_R = 10 \text{ m/s} + 25 \text{ m/s} = 35 \text{ m/s}$) já que os dois móveis estavam com velocidades em sentidos opostos. Outro parâmetro calculado foi a distância entre os corpos a qual ele encontrou o valor de 70m decorrente da diferença entre a posição do corpo B e a do corpo A ($\Delta S = 80\text{m} - 10\text{m} = 70\text{m}$). Ao final, utilizando a Equação 4, encontrou o instante de encontro de 2s, através da divisão da distância entre os corpos obtida ($\Delta S = 70\text{m}$) pela velocidade relativa calculada ($V_R = 35 \text{ m/s}$).

Figura 12 - Recorte da Resolução de um dos sujeitos da Questão 4 do Teste Diagnóstico utilizando a Estratégia 2



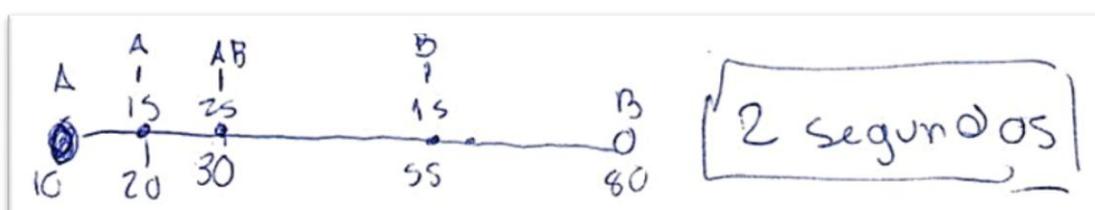
Fonte: (Autoria Própria, 2018).

6.1.6.3. Estratégia 3: Indução das posições a cada tempo até coincidir os espaços

Atribuímos a Estratégia 3 como sendo o procedimento do estudante se utilizar da construção de uma tabela ou de um gráfico com os valores do espaço do movimento a partir de suas leituras durante o registro de sua vivência experimental, e induzir a tendência de intersecção dos valores de espaços obtidos. Este procedimento tem suas limitações e dificuldades em sua determinação principalmente quanto o instante de encontro não for um valor inteiro.

Ilustrando um exemplo de mecanismo estratégico de resolução do problema de Encontro de corpos utilizando o processo de indução, categorizado como Estratégia 3, mostramos na Figura 13 a inserção de um recorte de resolução da Questão 4 do Teste Diagnóstico. O seu diagrama expressa em uma reta orientada uma ideia de indução de espaço ocupado pelos corpos no decorrer do tempo. Observamos que o estudante representa inicialmente as posições ocupadas nos instantes $t = 1s$ e $t = 2s$ pelo corpo A (20m e 30m, pois o corpo A possui velocidade de 10m/s e a cada 1s ele acrescenta 10m ao seu espaço anterior) e o corpo B (55m e 30m, pois o corpo B possui velocidade de 25m/s e a cada 1s ele diminui 25m ao seu espaço anterior). Logo ele percebeu que os dois corpos após 2s coincidem as suas posições no espaço 30m.

Figura 13 - Recorte da Resolução de um dos sujeitos da Questão 4 do Teste Diagnóstico utilizando a Estratégia 3



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

6.2. Análise a Priori: Reflexão sobre os resultados obtidos

Após ter cumprido a Etapa da Análise Preliminar e passando para a Análise a Priori, nos dedicamos a concepção e no desenvolvimento da Situação Didática com a Estruturação da metodologia da Pesquisa e a elaboração dos Instrumentos de Coleta de dados.

Diante da intenção de pesquisa se referir a um estudo sobre as contribuições da utilização da Robótica Educacional no ensino de conceitos da Física em sequências de ensino adotando procedimentos metodológicos e analíticos mediados por alguns elementos da Engenharia Didática, selecionamos e desenvolvemos uma situação didática utilizando a Robótica para o ensino da Física descrita na sequência.

A Situação Didática consistiu em proporcionar aos estudantes a vivência de uma experimentação de Robótica Educacional montando dois robôs na forma de carros utilizando o kit Lego Mindstorms EV3 ou NXT 2.0 e simulando o fenômeno físico do Encontro de Corpos em Movimento Uniforme, como ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Episódio de Inserção dos Robôs na condição inicial do Encontro.



Fonte: (Autoria Própria, 2017).

O desenho da Situação Didática desenvolvida foi composto por um roteiro de três episódios bem distintos: um momento dedicado para aplicação de um teste diagnóstico sobre o assunto para levantamento das estratégias e reconhecimento de dificuldades de aprendizagem e em estudo; um segundo momento dedicado para que o estudante vivencie a montagem e programação do projeto de Robótica com dois robôs simulando o Encontro de Corpos, tanto numa ultrapassagem quanto em colisão frontal e um terceiro e último momento, decorrido algum tempo (3 a 4 semanas) depois da vivência experimental dedicado para a aplicação de um Teste de Avaliação Final para nova amostragem e levantamento das novas estratégias utilizadas para solução dos problemas, assim como as dificuldades de aprendizagens.

Durante a Análise a Priori, desenvolvemos os instrumentos de coleta de dados referentes a cada um dos três momentos descritos. Momento 1 desenvolvemos um Teste Diagnóstico de coleta de dados sobre as habilidades apresentadas no estudo do Encontro de Corpos (APÊNDICE G) com 6 questões a fim de reconhecer as habilidades e estratégias utilizadas pelos estudantes na resolução dos problemas. Para o Momento 2, a vivência experimental da situação didática, preparamos o Guia de Montagem do carro robô (ANEXO B) e construímos a Ficha de Registro da Observação (APÊNDICE G) com o objetivo de disponibilizar um roteiro de procedimentos guiando os encaminhamentos dos estudantes no laboratório utilizando uma metodologia a luz do Ciclo de Experiência de George Kelly. Para o Momento 3 construímos um Teste Avaliador (APÊNDICE H) com 6 questões semelhantes aos instrumentos Teste Diagnóstico e com os mesmos objetivos de reconhecimento de estratégias e dificuldades de aprendizagens.

Após a elaboração destes instrumentos de coleta de dados, realizamos, por volta do mês de abril de 2016 com 8 estudantes do Ensino Superior um piloto de teste da Engenharia Didática formulada. O objetivo deste piloto era vivenciar o planejamento dos dois momentos iniciais (a aplicação do Teste Diagnóstico e a Vivência Experimental) e julgar a necessidade de ajustes ao projeto e no planejamento da sequência de ensino e nos instrumentos de coleta de dados. As informações colhidas, neste piloto de teste, não entraram em nossas análises e serviram apenas como referencial de ajustes e alterações na dinâmica programada para efetiva implementação e aplicação para a grande amostra de estudantes projetada.

A primeira percepção resultante da vivência da situação didática piloto com os estudantes do Ensino Superior foi a de que a realização dos 3 momentos em um só dia foi uma má escolha, pois no total para conseguir completar os 2 primeiros momentos iniciais foi necessário um tempo de 3 horas. Daí, decidimos dividir a experimentação em 3 momentos a realizar-se em dias diferentes dedicando até 1 hora para cada aplicação dos Testes e até 2 horas destinadas para as Vivências Experimentais de Encontro de Corpos utilizando os kits de Robótica.

Outra percepção relevante foi a necessidade de inserir uma tabela com 3 leituras de tempo do deslocamento do robô a fim de determinar estatisticamente a sua velocidade, diminuindo o efeito das imprecisões das leituras experimentais.

6.3. Reflexão sobre as intenções e investigações pretendidas através dos Testes: Diagnóstico e Avaliação Final

Tanto o Teste Diagnóstico quanto o Teste de Avaliação Final foram compostos por 6 questões com a intenção de identificar as estratégias utilizadas pelos estudantes na resolução de questões com o fenômeno de Encontro de Corpos e reconhecimento de habilidades desenvolvidas referentes ao Movimento Uniforme.

A primeira Questão dos Testes pedia para que o estudante definisse com as suas palavras o conceito de Movimento Uniforme. E a segunda Questão solicitava para que o aluno identificasse dentre os 4 movimentos descritos, através de suas posições e instantes exibidos em uma tabela, quais deles representavam um Movimento Uniforme, como ilustrado na Tabela 3. A intenção destas duas questões era identificar se o sujeito da pesquisa conseguia além de definir corretamente o conceito de Movimento Uniforme também se conseguia, a partir do conceito construído corretamente, aplicá-lo e identificar os dados do espaço versus tempo que expressava um Movimento Uniforme. Foi colocado em um dos 4 casos de movimento, precisamente no corpo 3, uma situação de repouso no qual as posições do corpo permaneciam, em todos os instantes, com a mesma posição (espaço igual a 8 metros). Daí, existe a possibilidade de o estudante confundir a situação de posição constante com o de um Movimento Uniforme.

Tabela 3 - Recorte da tabela de Movimentos de 4 corpos contida no Teste Diagnóstico

S_1 (m)	1	4	9	16	25	36	49	64	81
S_2 (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45
S_3 (m)	8	8	8	8	8	8	8	8	8
S_4 (m)	18	16	14	12	10	8	6	4	2
t (s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Fonte: (Autoria Própria, 2016).

A terceira Questão buscou identificar se o aluno consegue, a partir de um texto contextualizado com diversas informações disponíveis, determinar a velocidade média de um corpo, expressa em quilômetros por hora (km/h) a partir da disponibilização da distância percorrida, com sua unidade de medida de comprimento diferente do Sistema Internacional de Unidades (SI), e do intervalo de tempo decorrido. Esperamos que alguns sujeitos da pesquisa encontrassem

dificuldades nas transformações de unidades de comprimento, assim como na conversão da unidade da velocidade média de metros por segundo (m/s) para quilômetros por hora (km/h), que consistia em multiplicar pelo fator de 3,6.

A quarta Questão, exibida na Figura 11, consistia em uma situação problema de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme com os dois corpos em movimentos de oposição representados através de uma figura informando suas respectivas velocidades em módulo e suas posições iniciais em uma trajetória retilínea já orientada. Esperava-se que o estudante se utilizasse de uma das três estratégias de resolução, descritas na Análise Preliminar, respeitando a convenção de sinais da velocidade dos corpos de acordo com o sentido atribuído da trajetória adotada. Como relatamos anteriormente, existe a possibilidade de o estudante não atribuir a velocidade do corpo B como sendo negativa o que resultaria em um resultado do instante de Encontro dos Corpos incorreto.

A quinta Questão, ilustrada na Figura 15, consistia em uma situação de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme a qual já disponibilizava as equações horárias de espaço de cada corpo e questionava qual o instante em que o corpo A conseguiria a ultrapassagem. Colocamos uma situação em que, diante das condições iniciais, o corpo A nunca ultrapassaria o corpo B pois este já estava na frente e mais rápido que o corpo B. Esperava-se que o estudante respondesse que não haveria encontro nem ultrapassagem. Caso utilizasse a estratégia de igualar as equações horárias e encontrando um instante negativo, deveria interpretar o significado do valor de tempo negativo e reconhecesse que não haveria ultrapassagem.

Figura 15 - Recorte da Questão 5 do Teste Diagnóstico

Dois carros A e B encontram-se sobre uma mesma pista dupla retilínea cada um em faixas paralelas com velocidade constante os quais possuem suas funções horárias de espaço expressas através das seguintes equações: $S_A = 200 + 60.t$ e $S_B = 100 + 40.t$. Com base nessas informações, determine o instante em que o corpo A ultrapassa o corpo B.

Fonte: (Autoria Própria).

Na sexta e última Questão colocamos uma situação de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme na qual disponibilizamos os valores das velocidades de cada corpo e seus sentidos, além da informação sobre a distância entre eles na

situação inicial no texto do enunciado. Nesta Questão pedimos que o estudante procurasse a determinação do instante e da posição de encontro dos corpos. Tínhamos a expectativa de que o estudante ou construísse as equações horárias de espaço de cada corpo e utilizasse a Estratégia 1, ou utilizasse uma outra alternativa que categorizamos como Estratégia 2 que consistia em empregar o recurso da velocidade relativa. Novamente buscamos verificar se o estudante utiliza adequadamente a atribuição do sinal da velocidade dos corpos de acordo com a sua orientação de sentido na trajetória adotada.

6.4. Experimentação: Reflexão sobre os resultados obtidos

A Experimentação da Situação Didática do fenômeno de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme consistiu em três etapas: aplicação do Teste Diagnóstico, na vivência da Sequência de ensino Experimental e na aplicação do Teste de Avaliação Final. Como realizamos a experimentação da Situação Didática com dois grupos de sujeitos, um composto por estudantes do Ensino Médio e o outro por estudantes do Ensino Superior, procuramos analisar e refletir sobre os resultados obtidos de forma separada diante das diferenças de habilidades, perfis de formação acadêmica e contextos de condução do ensino do fenômeno físico.

6.4.1. Investigação com estudantes do Ensino Médio

Conseguimos realizar a implementação da sequência de ensino com estudantes do Ensino Médio devido a receptividade e acolhimento tanto do professor de Física quanto da equipe de mediação pedagógica do Ensino Médio de uma escola da rede particular de ensino localizada no bairro da Madalena da cidade do Recife capital do estado de Pernambuco. Uma escola com reconhecimento perante a sociedade e tem se constituído como referencial por conseguir preparar estudantes com bom perfil de formação acadêmica e cidadã, além de seus alunos concluintes terem obtido resultados expressivos no Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM) colocando quase todos os anos, desde 2005, o colégio como sendo o 1º lugar no Ranking entre as escolas particulares de Pernambuco. Com o objetivo de conseguir melhores resultados nos processos de ensino e aprendizagens a escola incentiva o uso de diversas metodologias e tecnologias educacionais inovadoras, é composto com um corpo docente com formação a nível de mestrado e doutorado, além de trabalhar com turmas com no máximo 35 alunos.

Ao expor ao professor de Física do 1º Ano do Ensino Médio da escola a ideia da sequência de ensino utilizando a Robótica Educacional, ele, o qual participou como professor colaborador ao responder o questionário de coleta das perspectivas sobre o ensino do fenômeno, prontamente aceitou o desafio e disponibilizou tanto a sua participação e colaboração quanto cedeu alguns horários de aula para que pudessemos aplicar o Teste Diagnóstico, desenvolver a vivência da Sequência de Ensino Experimental e aplicar o Teste de Avaliação Final. O planejamento do curso

do processo de ensino e estudo do Encontro dos Corpos foi mediado entre o professor da escola e o pesquisador. Neste planejamento, o professor de Física da escola conduziu em sala de aula o ensino do conteúdo Movimento Uniforme e suas aplicações, assim como apresentou os problemas de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme com a resolução de questões de Vestibulares durante duas semanas.

Trabalhamos com 97 alunos do 1º Ano do Ensino Médio distribuídos em três turmas. Após o momento de ensino e resolução de problemas, no dia 20 de março de 2018, aplicamos o Teste Diagnóstico em cada turma em sessões de 50 minutos cada em suas salas de aula, como ilustrado na Figura 16.

Figura 16 - Estudantes resolvendo o Teste Diagnóstico em sala de aula



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Diante da dificuldade de trabalhar com todos os alunos de uma turma, em torno de 32 alunos, na sequência de ensino experimental utilizando a Robótica Educacional decidimos dividir a turma em 2 grupos adotando a ordem alfabética com critério do agrupamento. Realizamos as atividades em 2 dias de aula executando um revezamento destes dois grupos. No primeiro dia, dia 03 de abril de 2018, metade dos estudantes da turma ficou em sala de aula com o professor de Física resolvendo questões e tirando dúvidas, enquanto a outra metade, divididos em 4 equipes de 4 componentes sendo cada equipe responsável pela montagem de um carro robô, foi encaminhada para uma sala especial dedicada às atividades de Educação Artística a fim de vivenciarem a experimentação com a Robótica Educacional, em sessões de 100 minutos equivalente a 2 aulas de 50 minutos. Para atender a dinâmica do Encontro de 2 corpos e trabalhar com as quatro equipes ao mesmo tempo, montamos duas pistas, uma no fundo da sala e a outra perto do quadro branco na frente da sala, onde cada pista atendia dois carros robôs.

Na semana seguinte, dia 10 de abril de 2018, executamos a inversão das atividades, ou seja, os estudantes que tinham ficado, na semana anterior, em sala de aula com o professor de Física foram encaminhados para a sala de Artes, como visualizamos os estudantes em atividade na Figura 17, para vivenciarem a experimentação com a Robótica enquanto os demais alunos ficaram com o professor de Física em sala de aula.

Figura 17 - Estudantes vivenciando a Sequência de ensino Experimental na sala de Artes



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Após três semanas decorridas do evento das vivências da sequência de ensino experimental com o kit de Robótica, no dia 02 de maio de 2018, aplicamos o Teste de Avaliação Final em cada turma em sessões de 50 minutos cada em suas salas de aula. Para efeito de nossas análises e reflexão sobre os resultados, limitamos a quantidade de estudantes para 87 sujeitos, trabalhando apenas com as informações obtidas com os participantes que vivenciaram as três etapas da experimentação (Teste Diagnóstico, Sequência de ensino Experimental e o Teste de Avaliação Final), ou seja, os alunos que faltaram uma das atividades, os seus dados foram excluídos da base de dados.

6.4.1.1. Teste Diagnóstico e Teste de Avaliação Final: Resultados verificados com estudantes do Ensino Médio

Vale salientar que a aplicação dos Testes Diagnósticos e dos Testes de Avaliação Final não tiveram o objetivo de servir como um pré-teste e pós-teste da pesquisa com a finalidade de verificação de melhorias na aprendizagem dos sujeitos. A proposta da sequência de ensino a partir de elementos da Engenharia Didática foi a de desenvolver uma dinâmica didática de ensino do fenômeno de Encontro de Corpos que conseguisse mobilizar saberes e reconhecer dificuldades e obstáculos na resolução de problemas, assim como buscar elementos de apoio ao professor no ensino do conteúdo trabalhado. Daí os resultados dos testes serviram para o reconhecimento das dificuldades de construções de conceitos e das estratégias competentes e das estratégias desconectadas de lógica científica utilizadas na solução dos problemas, externadas antes da experimentação (Teste Diagnóstico) e após a experimentação (Teste de Avaliação Final) evidenciando os efeitos do trabalho desenvolvido pelo professor de Física em sala de aula. A comparação entre os resultados dos testes evidencia o amadurecimento do estudante no estudo, a significação acrescentada pela experiência com a atividade utilizando a Robótica Educacional e os efeitos do trabalho do professor de Física formalizado em sala de aula.

Após a aplicação do Teste Diagnóstico e do Teste de Avaliação Final e recolhimento das Fichas de Respostas, fizemos a sua correção e inserção destes resultados em uma planilha eletrônica para efeito de análise estatística e reconhecimento das tendências. Salientamos que apenas foram considerados para fim de análise de resultados os estudantes que vivenciaram todas as etapas da sequência de ensino didática: participação no Teste Diagnóstico, na sequência de ensino experimental e no Teste de Avaliação Final. Daí, trabalhando com uma amostra de 87 estudantes do Ensino Médio participantes, definimos doze variáveis relevantes detectadas durante a análise dos Testes Diagnósticos e dos Testes de Avaliação Final coletados, as quais chamaremos de Parâmetros do Ensino Médio (PM) e descritos no Quadro 5 exibindo os valores médios percentuais resultantes.

Quadro 5 - Conjunto de Variáveis de Análise de Resultados obtidos nos Testes com estudantes do Ensino Médio

Variáveis (Parâmetro do Médio)	Descrição	Média no Teste Diagnóstico	Média no Teste Avaliação Final
PM1	Tempo dedicado a resolução do Teste	30,0 minutos	20,1 minutos
PM2	Percentual de acertos no Teste	44,9 %	59,3 %
PM3	Define Movimento Uniforme Corretamente (Questão 1)	59,8 %	73,6 %
PM4	Identifica Movimento Uniforme Correto (Questão 2)	48,3 %	37,9 %
PM5	Confunde Posição constante com um Movimento Uniforme (Questão 2)	40,2 %	49,4 %
PM6	Determina a Velocidade Média (Questão 3)	49,4 %	42,5 %
PM7	Erra transformação de unidades no cálculo da velocidade média (Questão 3)	46,0 %	56,3 %
PM8	Utiliza a convenção de velocidade negativa quando o corpo está com sentido oposto a orientação da trajetória (Questão 4)	48,3 %	60,9 %
PM9	Acertos em Questão de Encontro de Corpos em movimento opostos a partir da Figura representativa (Questão 4)	42,5 %	56,3 %
PM10	Demonstra não saber o significado do resultado de tempo negativo no Encontro de Corpos (Questão 5)	70,1 %	57,5 %
PM11	Reconhece a não ultrapassagem quando o corpo mais veloz se encontra a frente do mais lento (Questão 5)	6,9 %	39,1 %
PM12	Acertos em Questão de Encontro de Corpos com os valores e sentidos das velocidades e a distância entre os corpos expressos no enunciado (Questão 6)	52,9 %	93,1 %

Fonte: (Autoria Própria, 2018).

De posse destes dados coletados foi possível construir um instrumento denominado de Relatório Devolutivo Individual (APÊNDICE I). Cada estudante participante recebeu o seu Relatório Devolutivo Individual. A entrega deste parecer ao estudante teve o objetivo de informá-lo sobre como foi a sua performance tendo um detalhamento com a identificação de habilidades manifestadas, a percepção de suas lacunas conceituais e detecção de seus obstáculos na resolução de problemas. Acreditamos que estas informações possibilitarão ao estudante a oportunidade de investimento na correção dos equívocos e erros cometidos, no reconhecimento de estratégias mais adequadas, além de refletir sobre o seu processo de estudo e aprendizagem.

Um outro mecanismo de monitoramento do processo de ensino e aprendizagem de nossa sequência de ensino, o qual foi implementado e concebido durante o transcurso da nossa pesquisa, foi a necessidade de fornecer ao Professor de Física da escola um instrumento de retorno destes resultados obtidos para que este profissional pudesse refletir sobre o seu processo de ensino e permitisse que ele buscasse ações e investimentos em atividades e estratégias complementares de ensino a fim de que estes alunos superassem tais dificuldades e diminuam as incidências destes equívocos e a manifestação de estratégias de resolução do problema de Encontro de Corpos inadequadas. Este instrumento de apoio ao professor de Física da escola na forma de parecer sobre o desempenho global dos estudantes e das turmas denominamos de Relatório Devolutivo Coletivo (APÊNDICE J).

Um dos parâmetros que achamos relevante para a análise no processo de resolução dos testes foi a mensuração do tempo em que cada sujeito dedicou sua atenção no preenchimento do instrumento. Como podemos perceber o Tempo dedicado a resolução do Teste (PM1), exibido no Quadro 5, houve uma diminuição no tempo dedicado de 30,0 minutos para 20,1 minutos. Ou seja, em média, os estudantes dedicaram menos tempo ao preenchimento do teste e julgamos que tal ocorrência se deve ao fato que na primeira oportunidade os alunos, por estarem em estágio de iniciação de construção de conceitos e amadurecimento de suas estratégias de resolução, investiram mais tempo na reflexão dos problemas e buscaram encontrar estratégias, mesmo que estas fossem inadequadas, para dar resposta ao desafio proposto. Enquanto na segunda oportunidade, no Teste de Avaliação Final, o estudante por já estar mais ambientado com o fenômeno estudado evidenciou uma maior objetividade e caso ainda apresentasse dificuldades na resolução das questões tenderam a desistir do desafio, verificado pela maior ocorrência de questões deixadas em branco.

Comparando a performance de percentual de acertos dos estudantes, expresso pela variável PM2 exibida no Quadro 5, no Teste Diagnóstico com o Teste de Avaliação Final constatamos um crescimento de 44,9% para 59,3%. Tal crescimento atende as nossas expectativas pois como os estudantes estavam participando de um processo de formalização de estudo e ensino do Movimento Uniforme e do fenômeno do Encontro de Corpos em Movimento Uniforme em sala

de aula em situações didáticas mediadas pelo professor de Física da escola, era provável que em novas oportunidades avaliativas estes sujeitos manifestassem o uso de estratégias mais competentes nas situações problemas e reestruturassem suas concepções melhorando suas habilidades de conceituar o Movimento Uniforme e de resolver corretamente os problemas propostos.

Embora tenhamos verificado um aumento no percentual de acertos no teste provocado principalmente pela elevação verificada nos índices de acertos nas questões 1, 4, 5 e 6, exibidos nas variáveis PM3, PM9, PM11 e PM12 no Quadro 5, cujas questões requisitavam a necessidade de uso de algumas das estratégias de resolução do problema de Encontro de Corpos, percebemos uma clara diminuição nos índices de acertos nas questões 2 e 3, expressos pelas variáveis PM4 e PM6 no Quadro 5, cujas questões buscavam reconhecer as habilidades do estudante em conseguir identificar as situações de Movimento Uniforme e em determinar a velocidade média em uma situação contextualizada de Movimento Uniforme.

A manifestação de dificuldades na identificação de situações de Movimento Uniforme, exibido na variável PM4 no Quadro 5, verificada através da Questão 2 na qual mostrava as posições ocupadas por um móvel em função dos tempos decorridos em uma tabela, evidenciou que uma boa parcela de estudantes, cerca de 49,3% indicado pela variável PM5 no Quadro 5, confunde a constância dos valores da posição no decorrer do tempo com as situações de Movimento Uniforme. É recomendável de que o estudante, diante destes dados exibidos na Tabela da Questão 2, em cada situação (cada conjunto de dados contido na linha da Tabela) execute inicialmente o cálculo da velocidade média específica para cada intervalo de tempo, dividindo a variação de espaço pelo intervalo de tempo decorrido, e verifique se este valor de velocidade média calculado permanece constante diferente de zero.

Desta forma percebemos que muitas vezes o estudante consegue compreender e enunciar corretamente o conceito científico do Movimento Uniforme (MU), expresso no percentual de acertos da definição do MU no Teste de Avaliação Final através da variável PM3 igual a 73,6% ilustrado no Quadro 5, mas não consegue utilizar este conceito, a princípio concebido como bem estruturado devido o resultado expresso pela variável PM3, para identificar corretamente a partir das informações das posições ocupadas em função do tempo as situações de

Movimento Uniforme evidenciado pelos resultados da variável PM4, contidos no Quadro 5, igual a 37,9%.

Outro ponto em que houve indicativos de dificuldades de compreensão e de domínio matemático, detectado na Questão 3 a qual buscava reconhecer a competência de calcular a velocidade média trabalhando com grandezas expressas com unidades de medidas sem estar no Sistema Internacional de Unidades (SI), foi na execução das transformações de unidades de medidas de comprimento e da velocidade, obtendo através da variável PM7, exibido no Quadro 5, um acréscimo de percentual de erro na Questão 3 devido as ações incorretas nas transformações de unidades das grandezas envolvidas de 46,0% para 56,3%.

Daí, conseguimos reconhecer dois aspectos, evidenciados pelos resultados obtidos pelas variáveis PM4 e PM7, que apontam a necessidade de um esforço no trabalho docente complementar que oportunize aos estudantes a superação destas dificuldades e desenvolva habilidades competentes nas transformações de unidades de medidas e na identificação de situações de corpos em Movimento Uniforme.

Além de recomendarmos um retrabalho no processo de ensino do professor de Física da escola com ênfase na busca de obter o domínio do mecanismo matemático nas transformações de unidades de medida e de obter a competência da identificação das situações de um móvel estar em Movimento Uniforme a fim de conduzir os sujeitos a melhorias em seus resultados, acreditamos que a emissão do parecer do desempenho individual (Relatório Devolutivo Individual) chegando ao conhecimento do estudante participante pode fazer com que o mesmo reflita sobre as suas carências e busque investimentos no crescimento de sua aprendizagem.

Nos limitando a analisar as questões 4, 5 e 6 dos testes, cujas questões procuravam reconhecer a habilidade dos sujeitos em encontrar o instante de encontro dos móveis nas situações problema de Encontro de Corpos, visualizamos resultados de percentuais de acertos nas questões, expressos através das variáveis PM9, PM11 e PM12 exibidos no Quadro 5, com um bom índice de crescimento. Esta elevação evidência que, após a vivência das experiências formativas, estes estudantes se utilizaram de estratégias mais competentes e houve uma tendência a empregarem a estratégia de igualar as Equações Horárias de Espaço dos corpos como alternativa de solução do desafio, categorizada na pesquisa como Estratégia 1.

Na Questão 5 dos testes foi inserido uma situação em que, ao ser fornecido as Equações Horárias dos Espaços de cada corpo, apresentava no instante inicial o móvel mais veloz posicionado mais a frente do objeto mais lento o que impossibilita a ocorrência de ultrapassagem. Ao se utilizar a estratégia de igualar as equações horárias dos espaços de cada corpo e resolvendo a equação gerada, encontramos o instante de encontro dos corpos com valor negativo, o que significa que o modelo matemático aponta a ocorrência do encontro em instante de tempo antes do início da observação do fenômeno estudado. Desta forma, por não trabalharmos com o tempo sendo negativo concluímos que não haverá ultrapassagem nesta situação.

Quando analisamos o desempenho dos estudantes ao determinar um instante de encontro dos corpos com valor negativo, muito expressaram suas respostas se utilizando deste valor negativo, ou simplesmente positivaram o seu resultado. Este tipo de resposta a Questão 5 evidencia que aluno explicitamente apresenta um desconhecimento do significado do resultado do tempo negativo, expresso pela variável PM10 exibida no Quadro 5 a qual teve um alto índice de ocorrência no Teste Diagnóstico chegando a 70,1%. Mesmo este índice percentual de estudantes que apresentam não saber o significado do tempo de Encontro dos Corpos negativo (PM10) ter sido reduzido para 57,5% no Teste de Avaliação Final, consideramos ainda um resultado expressivo o qual desperta a necessidade de um trabalho docente complementar para tentar explicitar ao estudante o verdadeiro significado deste resultado de tempo ser negativo.

Esta dificuldade de entendimento do significado do tempo de encontro negativo, também manifestou um baixo valor percentual de acerto na Questão 5, variável PM11, no Teste Diagnóstico com apenas 6,9% dos estudantes participantes que conseguiram acertar que não haveria a ultrapassagem. Já nos resultados obtidos no Teste da Avaliação Final, os percentuais de acerto na Questão 5 cresceu e chegou a um valor de 39,1%. Percebemos que a exposição da situação descrita com a ocorrência de tempo negativo no Teste Diagnóstico despertou a curiosidade de diversos estudantes o que pode ter influenciado no aumento do percentual de estudantes, no Teste de Avaliação Final, que conseguiram detectar a não ocorrência da ultrapassagem sem sequer precisar utilizar a estratégia de igualar as equações horárias de espaço dos corpos.

Quando da resolução da situação problema de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme necessário nas questões 4, 5 e 6 do Teste Diagnóstico e do Teste de Avaliação Final, os estudantes se utilizaram de diferentes estratégias para a solução do problema proposto. Inicialmente tínhamos reconhecido, na Etapa da Análise Preliminar de nossa Engenharia Didática, três estratégias que já tinham sido descritas nesse texto. Porém, na análise dos resultados obtidos no Teste Diagnóstico e no Teste de Avaliação Final, identificamos mais algumas estratégias que os alunos utilizaram na tentativa de solução do problema de Encontro de Corpos as quais levaram ou não ao acerto na determinação do instante de Encontro dos Corpos, categorizadas e descritas no Quadro 6.

Quadro 6 - Estratégias utilizadas para resolver problemas de Encontro de Corpos

Estratégia	Descrição
1	Igualar as Equações Horárias de Espaço dos corpos
2	Utilizar o recurso da Velocidade Relativa
3	Induzir as posições dos corpos a cada tempo até coincidir os espaços
4	Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e subtraí-los.
5	Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e somá-los.
6	Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e calcular uma média aritmética destes tempos.
7	Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e parar / ou calcular apenas um dos tempos.
8	Outras estratégias sem condições de compreensão da sua lógica.
9	Na situação de o corpo mais veloz se encontrar a frente do mais lento, perceber que não haverá ultrapassagem.

Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Um aspecto importante percebido no uso das estratégias de resolução dos problemas de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme foi a importância da atribuição correta do sinal da velocidade dos corpos em movimento de acordo com a orientação da trajetória adotada. Um erro de atribuição do sinal da velocidade leva a um resultado do instante de encontro dos móveis incorreto. Em nossa investigação, percebemos que a utilização correta do sinal negativo da velocidade para os casos de corpos em movimento retrógrado, expressos pela variável PM8 ilustrado no Quadro 5, cresceu de 48,3% para 60,9%, apontando um amadurecimento conceitual

e maior possibilidade de sucesso na execução da estratégia apropriada para encontrar o instante de encontro dos corpos.

Das 9 (nove) estratégias identificadas nos testes as quais os estudantes empregaram na tentativa de resolução dos problemas para determinar o instante de encontro dos corpos, apenas 4 (quatro) delas conseguem levar o aluno ao resultado correto: Estratégias 1, 2, 3 e 9. As Estratégias 1, 2 e 3 já foram explicitadas e detalhadas neste texto em seções anteriores, mas a Estratégia 9 foi identificada a sua utilização como recurso de solução após a realização do Teste de Avaliação Final. Ela só se aplica na situação da Questão 5 a qual posiciona o corpo mais veloz a frente do mais lento no instante inicial. A Estratégia 9 consiste em o aluno diante da verificação do fato do móvel mais veloz estar mais a frente no instante inicial reconhecer que não haverá ultrapassagem sem sequer precisar fazer cálculos. Como podemos visualizar os percentuais de estudantes que empregaram a Estratégia 9 na Questão 5, indicado na Tabela 4, cresceu de 5% para 20% dos participantes, fato que aponta que os estudantes ficaram mais atentos à situação e perceberam a impossibilidade de ultrapassagem sem sequer executar qualquer tipo de cálculo matemático para chegar a esta conclusão.

As demais estratégias adotadas pelos alunos nos testes, e identificadas como Estratégias 4, 5, 6, 7 e 8, não levaram os estudantes a determinarem o instante de encontro dos corpos correto.

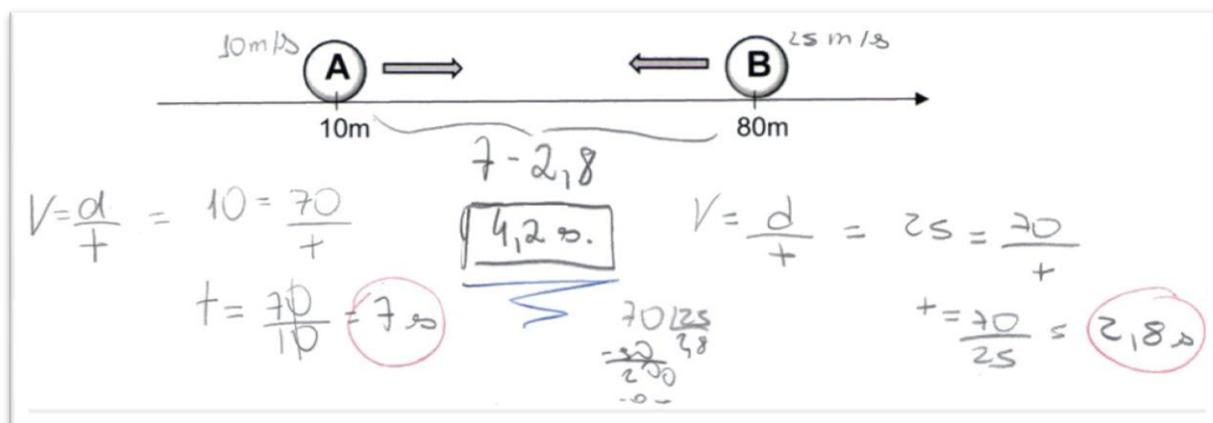
Tabela 4 - Percentuais de utilização das Estratégias identificadas nos testes com estudantes do Ensino Médio

Estratégias	Questão 4: Representação Gráfica		Questão 5: Não ocorre ultrapassagem		Questão 6: Dados fornecidos no Enunciado	
	Teste Diagnóstico	Teste Avaliação Final	Teste Diagnóstico	Teste Avaliação Final	Teste Diagnóstico	Teste Avaliação Final
1	40%	87%	67%	70%	49%	77%
2	14%	7%	3%	6%	14%	8%
3	8%	3%	1%	0%	3%	3%
4	6%	0%	1%	0%	5%	1%
5	6%	0%	0%	0%	0%	0%
6	3%	0%	0%	0%	0%	0%
7	8%	1%	3%	0%	7%	2%
8	8%	1%	2%	1%	3%	1%
9	0%	0%	5%	20%	0%	0%
Em Branco	7%	0%	17%	3%	18%	7%

Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Categorizamos como Estratégia 4 o processo em que o sujeito da pesquisa calculou os tempos necessários para cada um dos corpos percorrer a distância inicial entre os móveis com a sua velocidade correspondente. De posse destes dois tempos calculados, atribuiu o instante de encontro dos corpos como sendo a subtração destes dois tempos calculados. Exemplificando, como podemos ver na Figura 11 a qual representa um recorte da Questão 4 do Teste Diagnóstico, reconhecemos que a distância inicial entre os corpos é de 70 metros. Alguns estudantes calcularam o tempo do corpo A como sendo a distância inicial entre os corpos dividido pela velocidade do corpo A, obtendo $70 \div 10$ igual a $t_A = 7$ s. O tempo do corpo B como sendo a distância de 70 m dividido por sua velocidade de 25 m/s, obtendo $70 \div 25$ igual a $t_B = 2,8$ s. De posse dos tempos individuais, estes estudantes atribuíram o instante de encontro dos corpos como sendo a subtração destes dois valores, ou seja, $t = t_A - t_B = 7 - 2,8 = 4,2$ s, como ilustrado na Figura 18.

Figura 18 - Recorte da Resolução de um dos sujeitos da Questão 4 do Teste Diagnóstico utilizando a Estratégia 4



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Como exposto na Tabela 4, percebemos que um percentual de 6% e 5% dos estudantes chegaram a utilizar a Estratégia 4 nas questões 4 e 6 do Teste Diagnóstico respectivamente. Porém percebemos que esta estratégia incorreta foi quase que abandonada no Teste de Avaliação Final diante dos índices apresentados sobre a utilização desta estratégia os quais chegaram a indicar quase que nenhum uso (0%) nas questões 4 e 5 e um percentual reduzido de 1% na Questão 6. Após um período de formação de conceitos e estruturação do saber, era esperado que o estudante reestruturasse as suas estratégias e abandonasse as suas estratégias incorretas e tenda a utilizar as estratégias corretas e com mais

aplicações em diferentes contextos, como percebemos na Tabela 4, o crescimento de uso da Estratégia 1, se configurando como a estratégia com maior formalização no ensino e de aplicação competente em diversos contextos do fenômeno de Encontro de Corpos, como podemos verificar na Tabela 4 o percentual de uso da Estratégia 1 passando de 49% para 77% na Questão 6 e reforçando o crescimento visualizamos o percentual de uso aumentando de 40% para 87% na Questão 4.

Denominamos a Estratégia 5 como sendo o mecanismo em que o estudante calcula os tempos necessários para cada corpo vencer a distância entre eles em função de sua velocidade correspondente, similar a Estratégia 4, e posteriormente somá-los. Detectamos tal utilização apenas na Questão 4 no Teste Diagnóstico exibido na Tabela 4, com índice percentual de 6%, porém tal estratégia foi descartada totalmente no Teste de Avaliação Final, como esperado diante do erro provocado em sua aplicação.

A Estratégia 6 foi atribuída ao método adotado pelo aluno na resolução do problema no qual ele calcula os tempos individuais, similar a Estratégia 4, e atribui o instante de encontro dos corpos resultado da média aritmética entre estes tempos individuais calculados. De acordo com os valores contidos na Tabela 4, visualizamos que esta estratégia só foi empregada por um grupo reduzido de estudantes, 3% dos sujeitos participantes, exclusivamente na Questão 4 no Teste Diagnóstico sendo amplamente abandonada nas Questões de Encontro de Corpos no Teste de Avaliação Final.

Chamamos de Estratégia 7 ao procedimento em que o estudante após achar os tempos individuais ou apenas um deles, similar a Estratégia 4, determina o instante de encontro dos corpos como sendo um dos tempos encontrados sem nos revelar qual a sua lógica de escolha. Tal estratégia chegou a ser utilizada mais nas questões de Encontro de Corpos do Teste Diagnóstico, como podemos acompanhar pelos valores percentuais exibidos na Tabela 4, porém ainda houve a ocorrência de uso dela com índices bem mais reduzidos nas Questões 4 e 6 do Teste de Avaliação Final. Esta estratégia transparece que o estudante não apresenta segurança em sua lógica e compreensão do que está executando e decide por alguma estratégia que o leve a obter um resultado, mesmo sem saber o seu significado.

Em função de termos encontrado na resolução do problema de Encontro de Corpos, precisamente nas Questões 4, 5 e 6 dos testes coletados dos estudantes,

procedimentos de resolução sem condições de detecção de uma lógica e com significado compreensível, categorizamos esta classe como sendo a Estratégia 8.

6.4.1.2. Sequência de ensino Experimental: Resultados verificados com estudantes do Ensino Médio

A sequência de ensino experimental do fenômeno de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme utilizando o kit de Robótica Educacional aconteceu no turno da manhã dos dias 03 e 10 de abril de 2018 na Sala de Artes da escola trabalhando com quatro equipes por sessão de 100 minutos.

Lembrando que o roteiro de condução das atividades vivenciadas pelos alunos, em nossa investigação, durante a experimentação foi estruturado metodologicamente seguindo as Etapas do Ciclo de Experiência de George Kelly (CEK). Desta forma, inicialmente para vivenciarmos a etapa de *Antecipação do Acontecimento* do CEK, no qual procuramos mobilizar o estudante a refletir sobre as suas concepções, estratégias e sistemas mentais e os utilizassem com o propósito de antecipar (prever) o evento de solução dos problemas de Encontro de Corpos, expondo alguns vídeos inspiradores com cenas ilustrando as situações cotidianas de ultrapassagens, encontro de corpos e colisões. Dedicamos estes instantes como um momento para que os estudantes organizassem seus conhecimentos em suas mentes.

No segundo momento, apresentamos o desafio da simulação do Encontro de Corpos com dois robôs a serem montados por eles. Caracterizamos esta fase como sendo a Etapa do *Investimento no resultado* do CEK, na qual os estudantes se prepararam para se confrontar com a experimentação (o Evento). Nesta fase, os alunos procuraram relembrar seus saberes e buscar novos saberes através dos diálogos com os colegas, acessos aos cadernos e livros e interações com o professor.

Vivenciando a Terceira Etapa do CEK, o *Encontro com o Evento*, cada equipe, composta por até quatro integrantes, ficaram com a responsabilidade da montagem de um carro robô com esteira seguindo o Guia de Montagem (Anexo B), como ilustrado nas Figuras 19 e 20. A escolha do carro com esteira foi devido a segurança de que este modelo consegue andar em linha reta e possui uma boa

aderência sem deslizamento o que contribuiu para conservar o carro com velocidade constante e mantê-lo em trajetória retilínea.

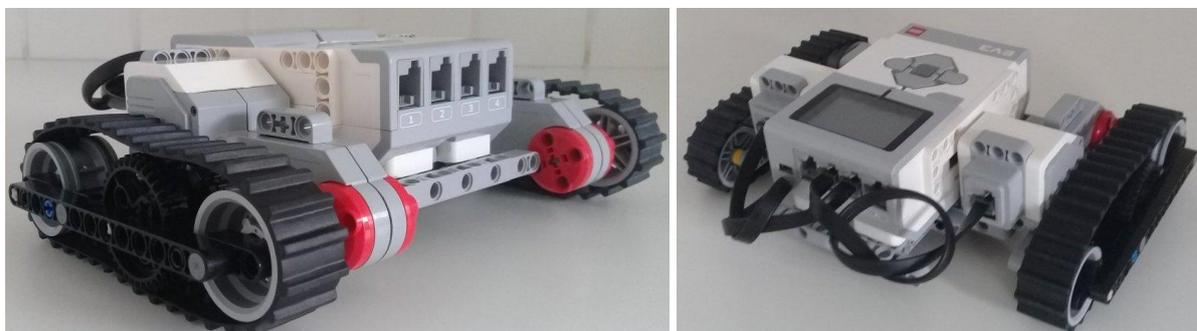
Figura 19 - Momento dedicado a montagem do carro utilizando o Kit de Robótica



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Finalizada a montagem do carro robô, com o visual exposto na Figura 20, cada equipe realizou a programação de seu carro atribuindo na programação *status* diferentes de potência do motor e ângulo de passo do motor, ou seja, o carro A tendo 40% da potência máxima do motor e o motor dando giros de 30° , enquanto o carro B tendo 60% da potência máxima e dando passos de 40° . Estes status diferentes fizeram com que os dois carros tivessem velocidades de deslocamento diferentes.

Figura 20 - Carro montado em diferentes ângulos de visualização



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Com a conclusão da programação dos carros, cada equipe foi orientada a posicionar o seu carro robô na pista orientada por uma fita métrica, como ilustrado

na Figura 21, e executar as leituras do tempo decorrido pelo robô, através do aplicativo de cronômetro disponível em seus aparelhos celulares, em cada um dos quatro trechos de 30cm, marcados com riscos vermelhos no piso da sala junto a fita métrica como visualizado na Figura 22, preenchendo estas leituras na tabela da Ficha de Registro da Observação (APÊNDICE E e APÊNDICE F).

Figura 21 - Momento de levantamento dos tempos decorridos nos trechos de 30 cm para determinar a velocidade do carro



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

A dinâmica de levantamento destes dados de leitura experimental foi a de realizar três eventos e considerar o valor médio das leituras na tentativa de diminuir as imprecisões das medidas de tempo efetuadas.

Figura 22 - Detalhe do carro robô se deslocando para determinação da velocidade

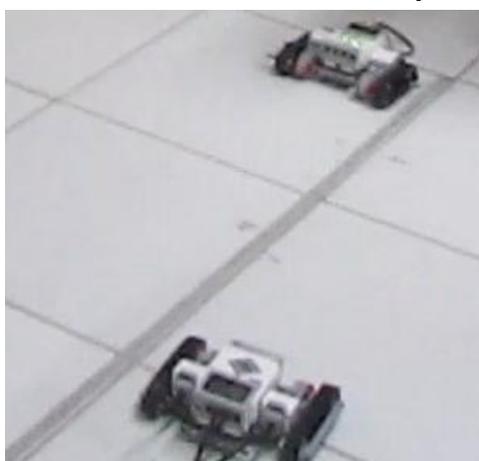


Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Após a determinação da velocidade de cada carro robô, as duas equipes foram submetidas a etapa de experimentação da ocasião de Encontro de Corpos em sentidos opostos através de uma situação concreta e real. Ou seja, um dos robôs, precisamente o carro A, foi posicionado com a sua parte mais extrema a frente (ponta da esteira da roda) na posição Zero (0 cm) do lado direito da pista orientada com a fita métrica e o outro robô, o carro B, foi colocado com a sua parte extrema dianteira na posição 100 cm no lado esquerdo da fita métrica no sentido de movimento oposto ao carro A, como ilustrado na Figura 23.

A proposição da situação de Encontro dos corpos em movimentos opostos foi dividida em dois momentos: um inicial no qual as equipes iriam coletar experimentalmente o instante e a posição de encontro dos corpos e o outro momento dedicado a determinação do instante e a posição de encontro através de métodos físicos e matemáticos se utilizando das estratégias de resolução do problema descritas anteriormente. O objetivo de vivenciar estes dois momentos foi comparar os resultados experimentais com os resultados matemáticos e refletir sobre possíveis discrepâncias.

Figura 23 - Situação Experimental de Encontro de Corpos em movimentos opostos



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Para execução de tais leituras experimentais tivemos que dividir responsabilidades entre os participantes tentando simular a situação descrita. Primeiro aspecto foi a de que teríamos que garantir que os robôs estivessem em movimento uniforme, ou seja com velocidade constante desde o início do evento. Daí o robô teria que já estar funcionando quando do posicionamento na reta e quando do seu abandono no instante do disparo do cronômetro. Nossa solução foi que um dos estudantes ficasse responsável pelo acionamento inicial do cronômetro

e com a leitura do instante de encontro. Dois outros estudantes ficaram com os carros em funcionamento, cada um deles segurando o robô suspenso sob a posição inicial correspondente (0 cm e 100 cm) na pista orientada com a fita métrica e na espera do comando de voz autorizando a colocação dos carros no piso para início do fenômeno quando do acionamento do cronômetro. Um quarto estudante ficou responsável pelo acompanhamento visual dos carros com reconhecimento do encontro e a leitura da posição final quando ocorrer o encontro das duas extremidades frontais dos robôs. Um quinto estudante ficou com a responsabilidade do comando de voz de autorização de destravamento do cronômetro para o início da situação problema, assim como no instante de detecção do encontro das extremidades dos carros comandar a leitura final desejada.

Antes dos estudantes executarem a determinação matemática do instante e da posição de encontro dos robôs foi pedido através da Ficha de Registro da Observação que a equipe registrasse suas ideias e hipóteses (estratégias) que iriam utilizar para a resolução do problema proposto.

Na sequência para finalização da sequência de ensino experimental, propomos uma segunda situação de Encontro de Corpos através de um desafio extra no qual os estudantes deveriam posicionar o carro mais veloz na posição 0 cm e o outro na posição 30 cm tendo deslocamentos no mesmo sentido da trajetória orientada pela fita métrica para proceder a determinação do instante e da posição de ultrapassagem através do procedimento experimental e de um método matemático para posterior reflexão e confronto entre estes resultados obtidos.

Desta forma, após o registro das suas hipóteses e da efetiva realização da resolução matemática do desafio, conseguimos mobilizar os estudantes na quarta Etapa do CEK, a *Validação das Hipóteses*, na qual os alunos avaliaram as suas teorias e tomaram as suas decisões, com aceitação ou não de seus resultados. Em nossa vivência experimental caracterizamos tal etapa do CEK, em que os estudantes tiveram que confrontar o resultado teórico do instante e posição de encontro dos robôs com o obtido experimentalmente. Diversas vezes estes valores não eram totalmente coincidentes apresentando pequenas discrepâncias ou até em alguns casos uma diferença considerável. Tais discrepâncias, verificadas em diversas sessões vividas pelas equipes, muitas vezes ocorreram por questão de imprecisões impostas pelas leituras experimentais ou por erros cometidos nos

procedimentos aplicados quando na resolução da situação problema utilizando uma estratégia teórica.

Diante dos conflitos ou confirmações de suas expectativas e hipóteses, eles vivenciaram a quinta e última Etapa do CEK, a *Revisão Construtiva*, na qual possibilitamos com que eles refletissem sobre os pontos de dificuldades vivenciados e a sedimentação de seus conhecimentos. Ao verificar e comparar os valores teóricos e experimentais do instante e da posição de Encontro dos corpos, os estudantes, nesta etapa do CEK, refletiram sobre as hipóteses que justificam a ocorrência e buscam a reestruturação de seus argumentos e sedimentação ou manutenção de suas construções para confirmação e superação dos conflitos vivenciados em seus pensamentos.

Durante o roteiro de experimentação das sequências de ensino de Encontro de Corpos no primeiro desafio no qual os corpos estavam com sentidos opostos, os estudantes foram submetidos a executar a determinação experimental e teórica dos valores do instante e da posição de encontro dos robôs. Antes do procedimento experimental, na determinação teórica, se utilizando de procedimentos físicos e matemáticos, 17 equipes, equivalente a 71% do total de 24 equipes, conseguiram calcular corretamente o instante e a posição de encontro, enquanto 7 equipes, equivalente a 29%, não conseguiram chegar aos valores corretos.

Das 7 equipes que não obtiveram sucesso, 5 equipes, correspondente a 21%, erraram no procedimento matemático quando da necessidade de convencionar a velocidade do robô B com sinal negativo.

Uma das equipes, equivalente a 4% do total de equipes, errou o procedimento matemático pois em sua resolução resultante da Estratégia 1, cometeu a falha de agrupar um termo independente com um termo com incógnita na solução da equação de 1º grau. Houve uma equipe que deixou a questão em branco. Daí, ocorreu um fato que provocou uma ruptura do contrato didático no qual ocorreu a interferência de outra equipe que teve a iniciativa de dar suporte e orientar os colegas de como proceder a determinação do instante e a posição de encontro, ação permitida pelo pesquisador. Reconhecemos que este acontecimento se constituiu em um momento valioso de estudo e socialização de conhecimentos em que os próprios colegas podem apoiar os seus amigos a superarem as suas dificuldades de aprendizagem, ampliando a atuação do professor.

Após a análise dos dados obtidos nas Fichas de Observação, detectamos que as equipes empregaram as Estratégias 1, 2 e 4, categorizadas no Quadro 6. O procedimento matemático mais utilizado pelas equipes na resolução do problema de Encontro de Corpos em sentidos opostos foi a Estratégia 1, correspondente a 21 equipes, equivalente a 88% do total de 24 equipes. Este percentual indica a tendência das equipes de adotarem a Estratégia 1 como a mais indicada como formalização de procedimento aplicado para os diversos contextos.

6.4.2. Investigação com estudantes do Ensino Superior

A experiência de propiciar a sequência de ensino didática utilizando a Robótica Educacional desenvolvida a partir de elementos da Engenharia Didática tratando o fenômeno físico do Encontro de Corpos com uma amostra de sujeitos da pesquisa cursando o Ensino Superior foi possível devido ao pesquisador atuar no curso superior de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) campus Pesqueira ministrando um componente curricular denominado *Novas Tecnologias para o ensino da Física* durante o primeiro semestre do ano de 2018. Os alunos matriculados no componente curricular pertencem ao 3º período do curso e já tinham cursado ou estavam em curso, no semestre, do componente curricular Física I, o qual aborda o fenômeno do Encontro de Corpos como conteúdo programático em sua ementa. Desta forma, não foi necessário o estudo e ensino formal do assunto pois os estudantes envolvidos já tinham estudado ou estavam em estudo do fenômeno do Encontro dos Corpos e do Movimento Uniforme.

É importante destacar que o cenário de formação dos estudantes desta turma referente as suas habilidades e seus conhecimentos sobre as situações físicas era bastante diversificado. Existia diversos alunos que tiveram as suas primeiras experiências no estudo da Física quando no cumprimento dos componentes específicos da Física no curso superior pois não tiveram professores de Física nas suas trajetórias formativas em suas escolas de Educação Básica. Enquanto outra parcela de estudantes veio, em sua formação de Ensino Médio, de escolas com precariedades e deficiências no ensino da Física.

Como no componente curricular *Novas Tecnologias para o ensino da Física* já existe um planejamento de inserção da Robótica Educacional como ferramenta e

recurso de ensino de conceitos da Física através de Oficinas de montagem e programação, acrescentamos no plano de ensino do componente a participação dos 36 estudantes matriculados na situação didática proposta.

É importante destacar a importância da participação dos estudantes da Licenciatura em Física na sequência de ensino desenvolvida nesta investigação, não apenas como campo de coleta de dados da pesquisa, mas principalmente pela possibilidade de podermos influenciar na formação docente destes licenciandos em física permitindo vivenciar o uso de estratégias e metodologias inovadoras atuando como um verdadeiro item dos componentes da prática de ensino, suprimindo algumas lacunas de sua formação básica quando muitas vezes não tiveram acesso a estas experiências significativas e trabalhando com experimentações concretas, lidando com elementos de ensino em situação prática.

No dia 01 de março de 2018, aplicamos o Teste Diagnóstico em uma sessão única de 50 minutos em sala de aula. Diante da necessidade de atendimento com apenas alguns alunos por sessão para propiciar a sequência de ensino experimental utilizando o kit de Robótica Educacional dividimos e agendamos o momento da sequência de ensino experimental para 6 encontros (nos dias 2, 8, 9, 15 e 16 de março de 2018) atendendo 2 equipes por sessão de 120 minutos cada, equivalente a 3 aulas de 45 minutos já descontando as perdas de tempo da chegada dos estudantes e saídas antecipadas decorrente da dinâmica do transporte de retorno.

Após pelo menos quatro semanas depois que os estudantes tiveram a vivência da sequência de ensino experimental realizamos a coleta de informações, através da aplicação do Teste de Avaliação Final, no dia 12 de abril de 2018 em uma sessão de 50 minutos. Ponderando que apenas 32 sujeitos compareceram a todas as 3 etapas da experimentação (Teste Diagnóstico, Sequência de ensino Experimental e o Teste de Avaliação Final), descartamos as informações coletadas com os alunos que deixaram de participar de alguma delas.

6.4.2.1. Teste Diagnóstico e de Avaliação Final: Resultados verificados com estudantes do Ensino Superior

Assim como foi feito na Análise dos resultados obtidos com a experimentação junto a estudantes do Ensino Médio, também construímos um cenário com um

conjunto composto pelas mesmas variáveis as quais denominamos de Parâmetros do Ensino Superior (PS) e estão registrados no Quadro 7 com o detalhamento dos percentuais encontrados a partir da amostra de 32 estudantes participantes de toda a Sequência de Ensino proposta os quais pertencem ao curso superior de Licenciatura em Física.

Quadro 7 - Conjunto de Variáveis de Análise de Resultados obtidos nos Testes com estudantes do Ensino Superior

Variáveis (Parâmetro do Superior)	Descrição	Média no Teste Diagnóstico	Média no Teste Avaliação Final
PS1	Tempo dedicado a resolução do Teste	29,3 minutos	25,8 minutos
PS2	Percentual de acerto no Teste	49,9 %	56,3 %
PS3	Define Movimento Uniforme Corretamente (Questão 1)	75,0 %	81,3 %
PS4	Identifica Movimento Uniforme Correto (Questão 2)	53,1 %	40,6 %
PS5	Confunde Posição constante com um Movimento Uniforme (Questão 2)	31,3 %	31,3 %
PS6	Determina a Velocidade Média (Questão 3)	59,4 %	37,5 %
PS7	Erra transformação de unidades no cálculo da velocidade média (Questão 3)	25,0 %	40,6 %
PS8	Utiliza a convenção de velocidade negativa quando o corpo está com sentido oposto a orientação da trajetória (Questão 4)	53,1 %	53,1 %
PS9	Acerto em Questão de Encontro de Corpos em movimento opostos a partir da Figura representativa (Questão 4)	46,9 %	46,9 %
PS10	Demonstra não saber o significado do resultado de tempo negativo no Encontro de Corpos (Questão 5)	65,6 %	40,6 %
PS11	Reconhece a não ultrapassagem quando o corpo mais veloz se encontra a frente do mais lento (Questão 5)	12,5 %	40,6 %
PS12	Acerto em Questão de Encontro de Corpos com os valores e sentidos das velocidades e a distância entre os corpos expressos no enunciado (Questão 6)	46,9 %	78,1 %

Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Analisando o parâmetro PS1, correspondente ao tempo em que os alunos se dedicaram ao preenchimento dos testes, identificamos que houve uma redução do valor médio de 29,3 minutos para 25,8 minutos. Tal resultado transparece um

comportamento semelhante ao verificado na experiência com estudantes do Ensino Médio e acreditamos que esta diminuição foi decorrente da maturidade e objetividade dos alunos quando da segunda oportunidade, evidenciando maior percentual de acertos nas questões e um maior índice de utilização de estratégias mais apropriadas.

Tabela 5 - Percentuais de utilização das Estratégias identificadas nos testes com estudantes do Ensino Superior

Estratégias	Questão 4: Representação Gráfica		Questão 5: Não ocorre ultrapassagem		Questão 6: Dados fornecidos no Enunciado	
	Teste Diagnóstico	Teste Avaliação Final	Teste Diagnóstico	Teste Avaliação Final	Teste Diagnóstico	Teste Avaliação Final
1	56%	75%	59%	69%	53%	63%
2	6%	9%	0%	3%	6%	3%
3	0%	3%	0%	0%	0%	0%
4	3%	0%	0%	0%	0%	0%
5	0%	0%	0%	0%	3%	0%
6	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7	3%	0%	0%	0%	3%	3%
8	6%	3%	9%	0%	3%	3%
9	0%	0%	9%	12%	0%	0%
Em Branco	25%	9%	22%	16%	31%	28%

Fonte: (Autoria Própria, 2018).

A performance no percentual de acertos das questões por parte dos alunos do Ensino Superior, descrito pelo parâmetro PS2 exposto no Quadro 7, subiu de 49,9% no Teste Diagnóstico para 56,3% no Teste de Avaliação Final. Este aumento se justifica pois houve uma preocupação de um esforço no trabalho docente do pesquisador quando da vivência da sequência de ensino didática experimental de provocar uma mediação no ensino da Estratégia 1 a propondo como uma boa alternativa na solução dos problemas de Encontro de Corpos, como verificado o seu efeito de crescimento da sua utilização visualizando o resultado na Tabela 5, assim como a eficiência de encontrar a resposta correta expressado pelo crescimento dos índices de acertos, exibidos no Quadro 7, nos parâmetros PS11 da Questão 5 que passou de 12,5% para 40,6% e PS12 referente a Questão 6 que cresceu de 46,9% para 78,1%. Porém é válido destacar que não é regra de que o estudante que utilizou a Estratégia 1 tenha necessariamente acertado a Questão, pois ocorreu diversos casos em que os alunos cometeram erros na resolução da equação do 1º grau resultante quando do isolamento da variável do instante de tempo, ou até

mesmo erro na convenção do sinal da velocidade do corpo em sentido oposto a orientação da reta como verificamos pelo alto índice do parâmetro PS8, exibido no Quadro 7, igual a 53,1% nos dois Testes aplicados.

Semelhante aos resultados obtidos nos testes aplicados com os estudantes do Ensino Médio percebemos que a habilidade dos estudantes do Ensino Superior de definir o conceito de Movimento Uniforme não vincula ao aluno ter a habilidade de conseguir identificar as situações em que o corpo esteja em Movimento Uniforme a partir das informações do espaço ocupado versus o tempo decorrido expressos em uma tabela, evidenciados pelos parâmetros PS3 ter atingido 81,3% de eficiência em definir corretamente o Movimento Uniforme enquanto o parâmetro de identificação das situações de MU, o PS4, reduziu de 53,1% para 40,6%. Os procedimentos de ensino regular apontam que estes estudantes conseguem formalizar este conceito, mas não desenvolvem a capacidade de identificar as condições de MU através de dados de espaço versus o tempo decorrido, despertando a necessidade de que os professores busquem alternativas didáticas que consigam desenvolver tal habilidade.

A respeito da Questão 3 a qual se refere a reconhecer a habilidade do estudante em calcular a velocidade média de um corpo em uma situação contextualizada e expressá-la em quilometro por hora (km/h) necessitando de competência nos procedimentos de transformações de unidades de medidas, identificamos a ocorrência de redução no percentual de estudantes que conseguiram determinar a velocidade corretamente, através do parâmetro PS6 no Quadro 7, passando de 59,4% para 37,5%. Esta redução desperta a atenção de que os alunos tiveram mais dificuldades no segundo teste e muito justificado pela dificuldade dos alunos em executar as transformações de unidades de medidas evidenciando a necessidade de investimento para a superação destas dificuldades operacionais, verificados pelo acréscimo do parâmetro PS7 exposto no Quadro 7, correspondente ao índice percentual de erro nas transformações de unidades, crescendo de 25% para 40,6%, também confirmando que esta Questão utilizada no Teste de Avaliação Final apresentou um maior grau de dificuldade que a contida no Teste Diagnóstico, principalmente no aspecto da necessidade das transformações de unidades de medidas.

Os estudantes do Ensino Superior quando submetidos ao problema de Encontro de Corpos da Questão 5, a qual coloca o móvel mais veloz a frente do mais lento impondo uma situação em que não ocorre a ultrapassagem, apresentaram um índice percentual de acerto muito baixo no Teste Diagnóstico, expresso pelo parâmetro PS11 no Quadro 7, com valor igual a 12,5%, e depois da experimentação conseguiram alcançar na segunda oportunidade, o Teste de Avaliação Final, um percentual de acertos, PS11 com valor igual a 40,6%. Este aumento se deve ao fato de que os alunos após a primeira exposição a esta situação evidenciaram a intensão de busca do conhecimento sobre o verdadeiro significado do valor negativo para o instante de encontro resultante em suas operações matemáticas o que levou a uma redução no indicador PS10, visualizado no Quadro 7, passando de 65,6% para 40,6%. Salientando que embora tenha havido uma diminuição para 40,6%, este índice percentual de estudantes que apresentam o desconhecimento do significado do valor negativo para o tempo ainda constitui um valor considerável e que aponta para uma necessidade de retrabalho docente com o objetivo de tentar corrigir tal lacuna de aprendizagem.

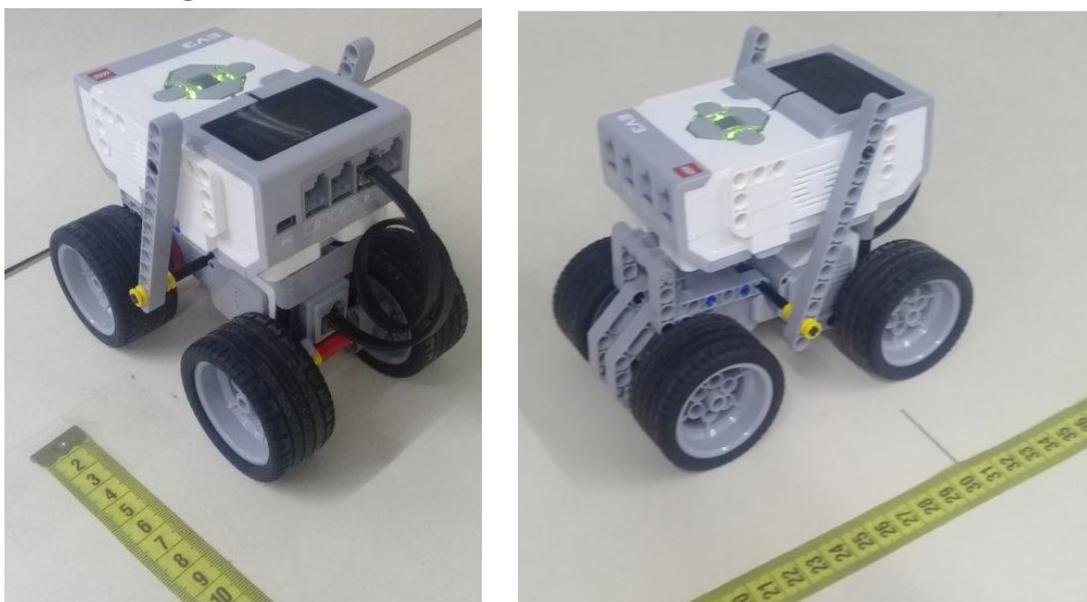
Utilizamos as mesmas categorias de Estratégia para a resolução de problemas de Encontro de Corpos utilizadas na Análise dos resultados com estudantes do Ensino Médio para a nossa Análise dos resultados com os estudantes do Ensino Superior já descritas no Quadro 6. Detectamos que nem todas as Estratégias elencadas em nosso estudo chegaram a ser utilizadas pelos alunos do Ensino Superior tal como a Estratégia 6 que nem chegou a ser empregada, como visualizamos na Tabela 5 tendo resultado de 0% em todas as ocorrências, assim como as Estratégias 3, 4, 5 e 7 que só foram empregadas por um único estudante em uma das questões em um dos testes, como expresso pelo percentual de 3% na Tabela 5. Desta forma, podemos destacar que os estudantes da Licenciatura em Física concentraram suas dinâmicas metodológicas de resolução do problema de Encontro dos Corpos utilizando-se das Estratégias 1, 2 e 9, as quais foram identificadas como estratégias com aplicações que conduzem a determinação correta do instante de encontro dos corpos.

6.4.2.2. Sequência de ensino Experimental: Resultados verificados com estudantes do Ensino Superior

As primeiras experiências e sessões com estudantes com a vivência da experimentação do fenômeno do Encontro de Corpos em Movimento Uniforme utilizando os kits de Robótica Educacional, seguindo as orientações descritas na Ficha de Registro das Observações (APÊNDICE E) e o Guia de Montagem dos carros (ANEXO B), ocorreram com os sujeitos participantes pertencentes ao Ensino Superior.

Diante deste fato, as primeiras experiências obtidas nos primeiros eventos de observação nos conduziram a modificar a escolha do modelo de carros robôs inicialmente com estrutura de rodas, exibido na Figura 24, para um modelo o qual foi o escolhido para os demais eventos vivenciados adotando a estrutura de esteiras, como ilustrado na Figura 20.

Figura 24 - Versão do Modelo do Carro Robô com rodas.



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

A alteração do modelo do carro para utilização das esteiras foi decorrente da tentativa de conseguir com que o carro conseguisse executar trajetórias retilíneas já que o modelo anterior, o com rodas, manifestava um desalinhamento sem controle e que interferia nos resultados experimentais por andar inclinado se afastando da fita métrica produzindo um maior deslocamento.

As seqüências de ensino experimentais aconteceram no turno da manhã e da tarde do dia 2 de março de 2018 e no turno da noite dos dias 8, 9, 15 e 16 de março de 2018 no Laboratório de Instrumentação e de Prática de Ensino da Física do IFPE campus Pesqueira, como ilustrado nas Figuras 25 e 26, trabalhando com duas equipes por sessão de 120 minutos.

Figura 25 - Momento com os estudantes em Montagem dos carros.



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Todas as 12 (doze) equipes compostas por estudantes do Ensino Superior vivenciaram a seqüência de ensino experimental seguindo o roteiro planejado e estruturado metodologicamente a partir do Ciclo de Experiência de George Kelly (CEK). Ou seja, similar ao praticado nas vivências experimentais junto aos estudantes do Ensino Médio, os estudantes do Ensino Superior, inicialmente, cumprindo a Primeira Etapa do CEK, a *Antecipação do Acontecimento*, assistiram aos vídeos motivadores e de inspiração, possibilitando os aprendizes a refletir sobre suas concepções e estratégias para resolver o problema de Encontro de corpos em Movimento Uniforme.

Figura 26 - Detalhe das ações de Montagem de um dos carros.



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Na sequência, vivenciando a 2ª Etapa do CEK, o *Investimento no Resultado*, ao apresentarmos o problema de encontrar o instante e posição de encontro de dois robôs carros a serem montados e programados com velocidades diferentes, dedicamos um momento para os estudantes se prepararem para enfrentar a experimentação. Diante dos resultados e obstáculos apresentados no Teste Diagnóstico, verificados pelo pesquisador, em que os estudantes exibiram dificuldades na resolução das questões que solicitavam a determinação do instante de encontro dos corpos, o pesquisador, neste momento, através de uma aula expositiva e interativa, buscou resgatar junto aos estudantes as possíveis estratégias para a solução do problema e aproveitou para reapresentar duas estratégias eficientes: a estratégia de igualar as equações horárias e a estratégia de utilizar a velocidade relativa.

Entrando na Terceira Etapa do CEK, o *Encontro com o Evento*, cada equipe montou e programou o seu carro manuseando as peças do kit de Robótica, como ilustrado na Figura 26. Na sequência, cada equipe colocou o seu carro robô para andar e a partir das leituras do tempo obtidas com auxílio do cronômetro determinaram a velocidade deste carro através de procedimentos experimentais, evento exposto na Figura 27. Executaram três eventos de leitura experimental e consideraram o valor da velocidade do robô o valor médio destas leituras.

Figura 27 - Momento da determinação da velocidade do carro.



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

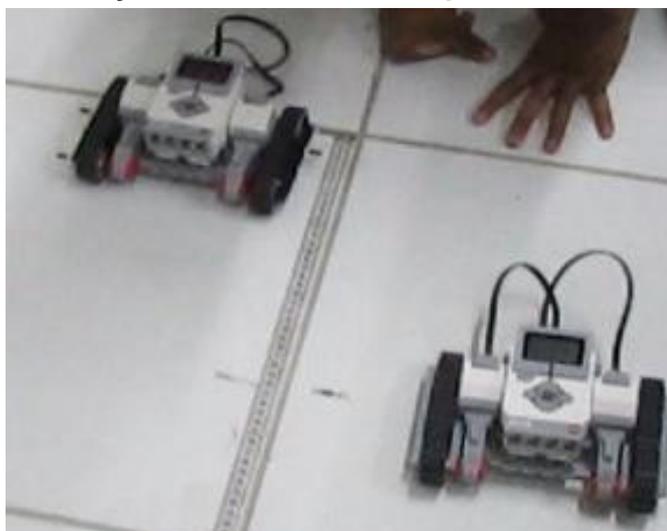
Ao final com os dois carros robôs montados experimentaram dois desafios de Encontro de Corpos para reflexão e comparação dos resultados obtidos de forma teórica e por procedimento experimental do instante e posição de encontro: a

primeira situação consistia em colocar os dois robôs se deslocando em sentidos opostos e a outra situação posicionando os dois carros robôs se deslocando no mesmo sentido.

No desafio final, o segundo, em que foi solicitado aos estudantes que determinassem o instante e a posição de ultrapassagem quando os dois carros se deslocavam no mesmo sentido, aconteceu um fato interessante e que não tínhamos planejado tal situação nas etapas de nossa Engenharia Didática. O fato relevante foi que em todas etapas e instrumentos que utilizamos o problema de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme foram casos em que consideramos que estes corpos eram partículas ou ponto material, ou seja, as dimensões dos carros montados eram desprezadas e não interferiam no dimensionamento das distâncias entre os corpos e do instante de encontro. Até o momento do desafio final essa consideração não tinha chegado a ser um problema a ser ponderado.

Quando experimentamos a situação em que necessitamos determinar experimentalmente o instante de ultrapassagem que o corpo mais veloz inicialmente posicionado na Origem dos Espaços (0 cm), levava para passar o corpo mais lento, inicialmente ocupando o espaço de 30 cm, percebemos que dependendo do referencial adotado para atribuir a condição de total ultrapassagem teríamos que considerar o tamanho do carro na operação, ou seja, considerar o carro robô como um corpo extenso. Este fato só foi percebido no evento da primeira experimentação com os estudantes do Ensino Superior, situação exibida na Figura 28.

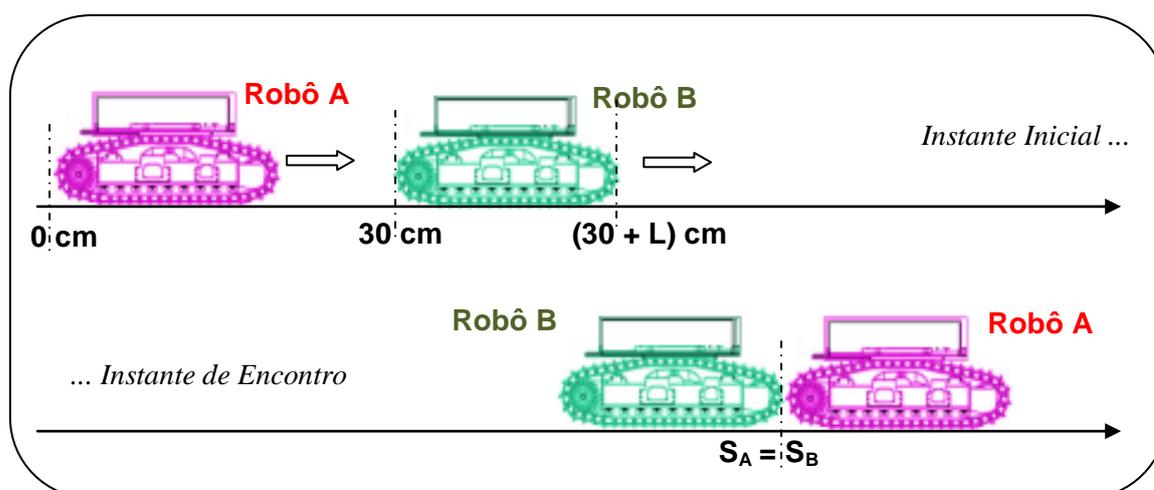
Figura 28 - Situação de Encontro de Corpos no mesmo sentido.



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Como solução e tentativa de amenizar os impactos provocados pelo tamanho do carro na determinação do instante de total ultrapassagem, adotamos a condição de Encontro dos Corpos, a ultrapassagem, quando a parte mais extrema da traseira da esteira do Robô A, o mais veloz, ocupasse a mesma posição que a parte frontal da esteira do Robô B, o mais lento, como ilustrado na Figura 29.

Figura 29 - Condição de Encontro de Corpos no mesmo sentido considerando os Robôs como Corpos Extensos.



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Como dinâmica de tratar a resolução do problema de ultrapassagem considerando os robôs como corpos extensos, na situação inicial, como visto na Figura 29, posicionamos a extremidade traseira da esteira do Robô A na origem dos Espaços (0 cm) e a parte mais extrema traseira do Robô B no espaço (30 cm), daí a sua parte mais extrema dianteira do Robô B ficou na posição 47 cm (30 cm + L) em que L expressa o comprimento do carro Robô, cerca de 17 cm. E a condição de total ultrapassagem acontece quando a extremidade dianteira da esteira do Robô B coincidir com o mesmo espaço ocupado pela extremidade traseira do Robô A.

Após o Evento, vivenciando a Quarta Etapa do CEK, a *Validação das Hipóteses*, os estudantes avaliaram as suas concepções e expectativas de respostas e comparações entre os resultados teóricos e experimentais, apresentando aceitação ou não de suas hipóteses iniciais. Após tais reflexões, chegando a Quinta e última Etapa do CEK, a *Revisão Construtiva*, procuraram sedimentar os seus conhecimentos e reestruturação de suas estratégias para a solução dos desafios.

Analisando os resultados coletados através das Fichas de Registro das Observações preenchidas pelas 12 equipes constituídas por estudantes do Ensino Superior referentes aos procedimentos matemáticos utilizados na experimentação para a determinação do instante e da posição de Encontro dos Corpos em sentidos opostos, detectamos que todas as equipes, ou seja 100% das equipes empregaram a Estratégia 1 como metodologia operacional para solução do problema.

Das 12 equipes, 8 equipes, equivalente a 67%, conseguiram obter sucesso na determinação do instante e da posição de encontro dos robôs. Daí, das 4 equipes, correspondente a 33% do total, que não conseguiram acertar os valores corretos tiveram problemas e cometeram erros na resolução da equação do 1º grau gerada a partir da igualdade das Equações Horárias de espaço de cada robô.

6.5. Análise a Posteriori e a Validação: Reflexão sobre os resultados obtidos

Como a Análise a Posteriori consiste numa etapa dedicada ao tratamento das informações obtidas na vivência e na experimentação da sequência de ensino e aprendizagem, e a Validação se configura como a fase em que é realizada a comparação e verificação entre os resultados adquiridos na Análise a Priori com os obtidos na Análise a Posteriori, procuramos, nesta seção, explicitar estas constatações e confirmações ou não das hipóteses concebidas no início da pesquisa.

Após vivenciarmos as etapas de experimentação da sequência de ensino proposta, foram identificadas diversas manifestações de utilização de estratégias para a resolução dos problemas de Encontro de Corpos que não tinham sido previstas em nossa Engenharia Didática. Até a nossa etapa de Análise a Priori tínhamos elencado apenas três estratégias, porém conseguimos acrescentar e categorizar, após as experimentações, mais seis procedimentos. Embora cinco deles foram classificados como procedimentos que não levam ao sucesso na determinação do instante de Encontro dos Corpos, acreditamos que o conhecimento de que alguns estudantes se utilizam destas estratégias ineficazes auxilia ao professor na definição de seu planejamento e de sua atuação docente. O único procedimento eficaz, a Estratégia 9, que não tinha sido pensado e que apenas aflorou durante a fase de experimentação, só se aplica em questões de problemas de ultrapassagem de corpos em que o móvel mais veloz esteja a frente do mais lento, não sendo uma estratégia possível de ser aplicada em todas as questões de Encontro de Corpos.

Um aspecto relevante detectado, após a experimentação, ao acesso aos dados obtidos através do Teste Diagnóstico e durante a sequência de ensino experimental, foi um alto índice de dificuldades apresentadas por diversos sujeitos quando da necessidade de operacionalizar a determinação teórico-matemática do instante de encontro dos corpos. Reestruturando a proposta da sequência de ensino, percebemos a necessidade de inserir na proposta um momento planejado de ensino para que o professor possa atuar rerepresentando as quatro estratégias reconhecidas como eficazes na solução do problema de Encontro de Corpos. Este

espaço também poderia reservar um tempo para que fosse discutido os obstáculos e lacunas de aprendizagem detectados através do Teste de Diagnóstico.

Quando desenvolvemos a sequência de ensino trabalhando o fenômeno do Encontro de Corpos nos restringimos a resolver problemas utilizando a situação de apenas tratarmos os móveis como partículas ou pontos materiais, ou seja, desprezamos a dimensão de comprimento dos móveis diante da dimensão de seus deslocamentos. Porém, quando propomos aos estudantes, durante a sequência de ensino experimental, a comparação entre o tempo obtido de forma experimental e o tempo determinado através de procedimentos teórico-matemáticos para o caso de ultrapassagem dos robôs vivenciamos uma situação em que tivemos que conceituar os robôs como corpo extenso, ou seja, tivemos que considerar o seu comprimento no espaço percorrido pelo robô para dimensionamento do tempo de total ultrapassagem.

A instabilidade provocada pela diferença entre os resultados obtidos levou os alunos a buscarem explicações e uma solução para o ocorrido através da interação com o concreto e ressignificando os seus resultados (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980). Este fato nos desperta a necessidade da inserção, em todas as etapas da Engenharia Didática e nos instrumentos da pesquisa, das situações de problemas de encontro de corpos trabalhando com corpos extensos.

Um fenômeno que não tinha sido previsto durante a concepção da sequência de ensino experimental foi a situação de um grupo não conseguir determinar o tempo de encontro dos robôs através de estratégias teórico-matemáticas. Tal evento confirmou a expectativa de que a interlocução entre os estudantes possibilita com que um estudante em estágio mais avançado contribua para o progresso do colega com dificuldades (OLIVEIRA, 1998). Daí uma alternativa didática surgiu durante um dos episódios de nossa pesquisa em que um dos grupos participantes ao conseguir concluir e obter sucesso em seu desafio, espontaneamente se propôs a auxiliar a equipe que apresentou dificuldades. A cena demonstrou um interessante processo de ensino e socialização dos conhecimentos nos motivando a inserir em nossa engenharia a possibilidade de compartilhamento de ações de ensino entre os grupos durante a sequência de ensino experimental.

Em nossa Análise a Posteriori constatamos diversas ocorrências que já tinham sido previstas nas etapas de Análise Preliminar e Análise a Priori,

corroborando com as nossas expectativas e validando as análises realizadas em nossa Engenharia Didática, tais como: problemas com as operações de transformações de unidades de medidas, dificuldade de entender o significado do tempo de encontro ser negativo na situação de ultrapassagem dentre outras.

Para efeito de Validação de nossa Engenharia Didática resgatamos as hipóteses desenvolvidas a partir das dificuldades e obstáculos de aprendizagem esperados e explicitados através do levantamento executado durante a Análise Preliminar e a Análise a Priori e apresentamos, no Quadro 8, as constatações ou não destas proposições após a Análise a Posteriori.

Quadro 8 - Detalhamento de algumas confirmações ou não das hipóteses de nossa pesquisa na Análise a Posteriori

Hipóteses	Confirmação
Ao igualar as funções horárias dos móveis e encontrar um instante de encontro negativo, o estudante pode não identificar que não haverá a ultrapassagem, pois, o corpo que está mais atrás não possui velocidade capaz de ultrapassagem.	SIM
Diversos estudantes confundem os dados de posição constante (situação de repouso) no decorrer do tempo com a condição de Movimento Uniforme.	SIM
Diversos estudantes conseguem definir corretamente o Movimento Uniforme, mas não conseguem identificar os corpos em Movimento Uniforme em representações gráficas ou Tabelas com os dados das posições em função do tempo.	SIM
O aluno pode cometer erro na resolução caso não converta, ou converta de forma errada, as grandezas envolvidas (espaço, velocidade e tempo de estudo do movimento dos corpos para um mesmo sistema de unidades).	SIM
A Estratégia 1 (Igualar as equações horárias de espaço de cada móvel e encontrar o instante de encontro) é o mecanismo mais utilizado na resolução de problemas de Encontro de Corpos.	SIM
O estudante pode desconsiderar a atribuição de sinal da velocidade de acordo com o seu sentido diante da trajetória adotada provocando erro na solução dos problemas.	SIM
Os estudantes se utilizam de 3 estratégias diferentes, explicitadas em nossa pesquisa, para resolver os problemas de determinação do instante de encontro dos corpos.	NÃO

Fonte: (Autoria Própria, 2018)

Relacionamos pelo menos sete hipóteses desenvolvidas na etapa da Análise a Priori que tivemos que verificar a sua confirmação ou não na etapa de Análise a Posteriori. Atribuimos como sendo a primeira hipótese a afirmação: *Ao igualar as*

funções horárias dos móveis e encontrar um instante de encontro negativo, o estudante pode não identificar que não haverá a ultrapassagem, pois, o corpo que está mais atrás não possui velocidade capaz de ultrapassagem. A hipótese foi confirmada. Podemos afirmar que os percentuais expressos pelas variáveis PM 10 e PS10, mesmo inicialmente no Teste Diagnóstico apresentando índices superiores a 65% e decrescendo para índices em torno de 40% no Teste de Avaliação Final, como visto nos Quadros 5 e 7, evidencia que mais de 57% dos estudantes do Ensino Médio e mais de 40% dos estudantes do Ensino Superior apresentaram dificuldades de tratar o resultado do instante de tempo de encontro dos corpos com sinal negativo, não sendo capaz de manifestar o entendimento do seu significado, ou seja, traduz que não ocorre a ultrapassagem naquela situação proposta.

Atribuímos como sendo a segunda hipótese a afirmação: *Diversos estudantes confundem os dados de posição constante (situação de repouso) no decorrer do tempo com a condição de Movimento Uniforme.* A hipótese foi confirmada. As variáveis PM5 e PS5, exposto nos Quadros 5 e 7, revelam um percentual acima de 40% dos alunos do Ensino Médio e acima de 31% dos alunos do Ensino Superior confundiram a leitura dos dados da posição com valores constantes como situação de corpos em Movimento Uniforme. Percebemos que muitos estudantes vinculam o termo Uniforme para um contexto de constância de valores, mas não se atentam ao fato que o termo Uniforme está vinculado ao termo Movimento, gerando o termo composto Movimento Uniforme o qual conota a ideia de constância do movimento caracterizado pela velocidade constante e a constância do valor da posição conota uma situação de repouso.

A terceira hipótese foi enunciada como sendo: *Diversos estudantes conseguem definir corretamente o Movimento Uniforme mas não conseguem identificar os corpos em Movimento Uniforme em representações gráficas ou Tabelas com os dados das posições em função do tempo.* A hipótese foi confirmada. Utilizando a mesma metodologia, ao visualizarmos os valores das variáveis PM3 e PS3 que conota quem acerta a definição de Movimento Uniforme, com indicadores de mais de 60% de estudantes que conseguem o acerto e as variáveis PM4 e PS4 que aponta quem consegue identificar as situações de Movimento Uniforme, com índices em torno de 38% dos estudantes, Estes valores evidenciam que o

percentual que consegue definir o conceito de Movimento Uniforme, 60%, apenas 38% consegue identificar as situações de Movimento Uniforme.

Quarta hipótese corresponde a afirmação: *O aluno pode cometer erro na resolução caso não converta, ou converta de forma errada, as grandezas envolvidas (espaço, velocidade e tempo de estudo do movimento dos corpos para um mesmo sistema de unidades)*. A hipótese foi confirmada. Utilizando os resultados obtidos no Teste de Avaliação Final, expostos nos Quadros 5 e 7, visualizamos através das variáveis PM7 e PS7 com valores de 56,3% e 40,6% respectivamente, as quais computam os percentuais de estudantes que erraram a determinação da velocidade média por erro nas transformações de unidades de medidas. Consideramos percentuais consideráveis que justificam a confirmação da hipótese referida.

A quinta hipótese, também foi confirmada e contempla a afirmação: *A Estratégia 1 (Igualar as equações horárias de espaço de cada móvel e encontrar o instante de encontro) é o mecanismo mais utilizado na resolução de problemas de Encontro de Corpos*. A confirmação da hipótese se justifica através dos valores percentuais de utilização da Estratégia 1 nas diversas questões com Encontro de Corpos expressos nas Tabelas 4 e 5, expondo índices acima de 70% para estudantes do Ensino Médio e acima de 63% para alunos do Ensino Superior, comprovando um alto índice percentual de estudantes que se utilizam da Estratégia 1 para a solução dos problemas de Encontro de Corpos.

A afirmação correspondente a sexta hipótese foi verificada: *O estudante pode desconsiderar a atribuição de sinal da velocidade de acordo com o seu sentido diante da trajetória adotada provocando erro na solução dos problemas*. Visualizando as variáveis PM8 e PS8 que expressam percentuais de estudantes que erram as questões por não utilizarem o sinal negativo para a velocidade contrária ao sentido de orientação da trajetória, nos Quadros 5 e 7, acima de 48%, evidenciam um considerável indicador de provocador de um erro operacional na solução de problemas de Encontro de Corpos.

A sétima e última hipótese referida possui a seguinte afirmação: *Os estudantes se utilizam de 3 estratégias diferentes, explicitadas em nossa pesquisa, para resolver os problemas de determinação do instante de encontro dos corpos*. Esta hipótese foi a única que não foi confirmada, pois durante a coleta de dados através dos Testes Diagnósticos e Teste de Avaliação Final conseguimos

categorizar nove estratégias diferentes que foram utilizadas pelos estudantes participantes da pesquisa. Salientando que apenas quatro destas estratégias apresentando eficiência em obter a resposta correta para os problemas de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme.

6.6. Análise Estatística Implicativa e Similaridade: Reflexão sobre os resultados obtidos

Utilizamos a Análise Estatística Implicativa (ASI) como um recurso estatístico para conseguir enxergar e perceber as relações e implicações entre algumas variáveis de pesquisa relevantes e observadas durante a vivência da sequência de ensino didática utilizando a Robótica Educacional no fenômeno de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme. Escolhemos utilizar apenas os dados coletados com a experimentação com os estudantes do Ensino Médio por ter sido vivenciado e conseguir atender a uma boa amostra de sujeitos participantes, chegando a 87 estudantes, e apresentarem perfis de formação acadêmica similares e estarem vivenciando os mesmos contextos de ensino do conteúdo estudado.

Um dos parâmetros relevantes, coletado a partir dos instrumentos de pesquisa, foi a detecção de crescimento no percentual de acertos nas questões nos testes detectados pela comparação entre o percentual obtido pelo estudante no Teste de Avaliação Final e o percentual obtido no Teste Diagnóstico, se configurando como uma das variáveis de pesquisa utilizado em nossa ASI.

Diante das constatações detectadas nos dados coletados através do Teste Diagnóstico, da Sequência de ensino Experimental e do Teste de Avaliação Final, selecionamos algumas verificações e ocorrências que serviram como variáveis de pesquisa para efeito da Análise Estatística Implicativa (ASI) expressas no Quadro 9.

A partir dos resultados verificados nos instrumentos de coleta de dados, construímos uma planilha eletrônica na qual as variáveis, descritas no Quadro 9, ocuparam a primeira linha da tabela, e na primeira coluna da tabela alocamos os 87 sujeitos participantes. Lançamos para cada variável valores binários 1 ou 0, indicando a ocorrência ou não da variável observada correspondente a cada estudante, tendo 87 sujeitos como amostra estatística, como podemos visualizar na Figura 30, um recorte com a exibição de um intervalo de sujeitos participantes tendo a limitação de visualização da planilha eletrônica na tela do sujeito S1 até o sujeito S33.

Após a construção da planilha e efetuado a gravação do arquivo no formato com a extensão em CSV (separado por vírgulas), realizamos a importação da

planilha através do software CHIC, versão 6.0, para o tratamento estatístico implicativo.

Quadro 9 - Descrição das variáveis analisadas.

Variáveis	Descrição
V1	Estudante melhorou o percentual de Acertos no Teste de Avaliação Final.
V2	Estudante conseguiu confirmar os valores obtidos através dos cálculos com os obtidos na Experimentação.
V3	Estudante conseguiu definir o Movimento Uniforme corretamente.
V4	Estudante teve melhor performance na identificação das situações de Movimento Uniforme.
V5	Estudante confundiu a situação de Repouso com um Movimento Uniforme.
V6	Estudante conseguiu determinar a Velocidade Média em uma questão contextualizada.
V7	Estudante errou em transformações de unidades de medida na determinação da Velocidade Média.
V8	Estudante utilizou a Estratégia 1 na solução de problema de Encontro de Corpos com móveis em sentidos opostos.
V9	Estudante utilizou a Estratégia 2 na solução de problema de Encontro de Corpos com móveis em sentidos opostos.
V10	Estudante utilizou a Estratégia 3 na solução de problema de Encontro de Corpos com móveis em sentidos opostos.
V11	Estudante utilizou a Estratégia 1 na solução de problema de Encontro de Corpos com móveis com mesmo sentido.
V12	Estudante utilizou a Estratégia 2 na solução de problema de Encontro de Corpos com móveis com mesmo sentido.
V13	Estudante utilizou a Estratégia 3 na solução de problema de Encontro de Corpos com móveis com mesmo sentido.
V14	Estudante acertou a questão na qual não ocorre ultrapassagem.
V15	Estudante evidenciou não saber o significado do instante de encontro com valor negativo.
V16	Estudante utilizou a convenção de velocidade negativa quando o móvel estava contrário ao sentido de orientação da trajetória.

Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Figura 30 - Recorte da Planilha com o preenchimento das ocorrências observadas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	
2	S1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	
3	S2	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	
4	S3	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	
5	S4	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
6	S5	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	
7	S6	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
8	S7	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	
9	S8	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	
10	S9	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	
11	S10	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	
12	S11	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	
13	S12	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	
14	S13	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
15	S14	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	
16	S15	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	
17	S16	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
18	S17	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
19	S18	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
20	S19	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	
21	S20	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	
22	S21	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	
23	S22	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
24	S23	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	
25	S24	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	
26	S25	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	
27	S26	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	
28	S27	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	
29	S28	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	
30	S29	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	
31	S30	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
32	S31	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	
33	S32	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	

Fonte: (Autoria Própria, 2018).

O software CHIC permite a configuração de opções para parâmetros globais que ao serem modificados, agem no próximo tratamento estatístico do banco de dados contido no arquivo CSV importado. Em nossa Análise Estatística Implicativa fizemos os tratamentos estatísticos utilizando as opções expostas na Figura 31.

O primeiro tratamento estatístico depois da importação dos dados para o Software CHIC foi o tratamento utilizando o cálculo da Árvore de Similaridade o qual possibilita a visualização das variáveis e de suas inter-relações a partir de níveis demonstrados como mais significativos em relação a sua similaridade ou semelhança, de forma hierárquica e buscamos a análise das relações utilizando índice de similaridade superior a 0,90, como exposto na Figura 32.

Figura 31- Opções do Software CHIC assinaladas no Tratamento Estatístico

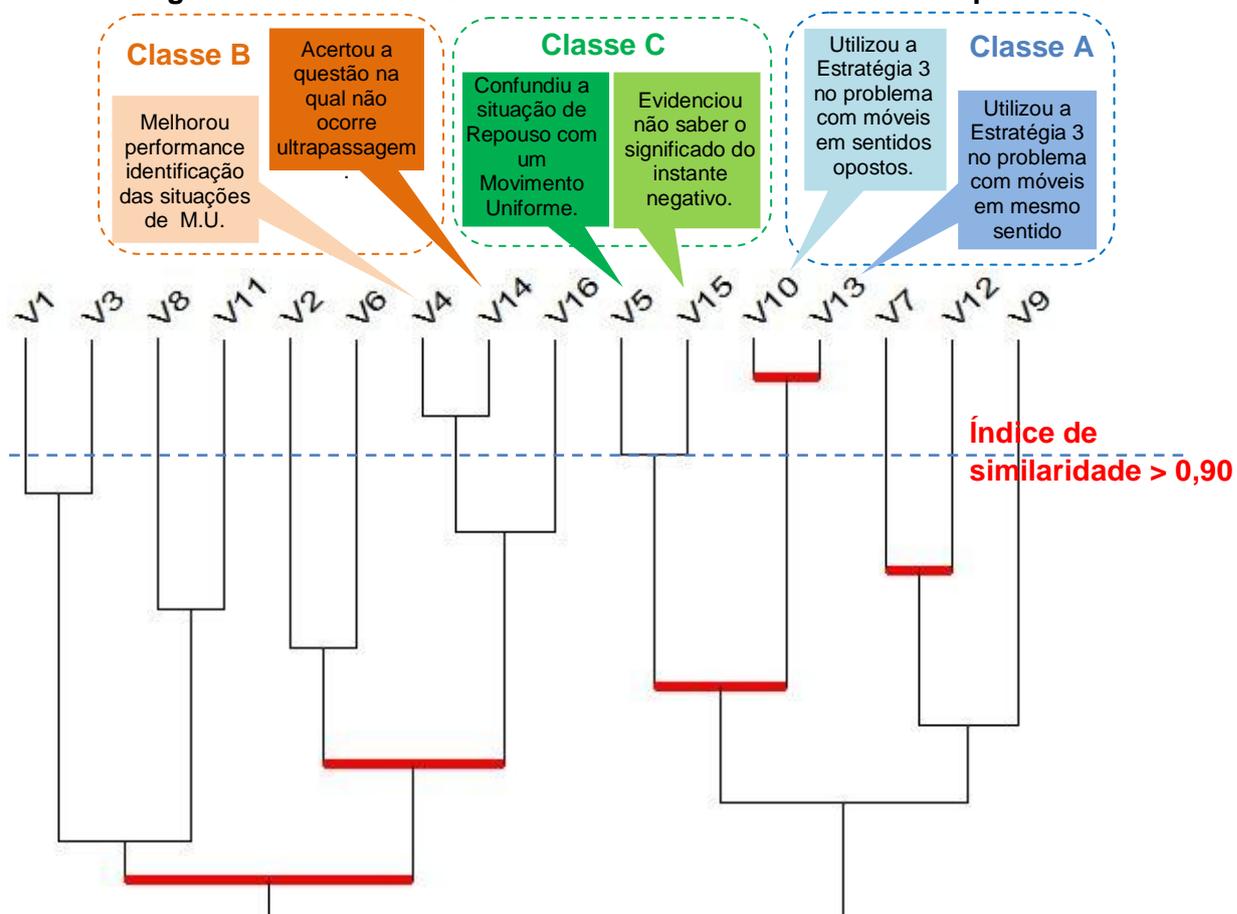
Fonte: (Autoria Própria, 2018).

No gráfico da *Árvore de Similaridade*, as convergências são representadas por linhas verticais entre duas ou mais variáveis e uma linha horizontal unindo as extremidades das linhas verticais denotando o nível de convergência ou de similaridade. As linhas horizontais mais próximas do patamar superior denotam maior índice de similaridade. O índice de similaridade conota um agrupamento de variáveis que expressam comportamentos similares, ou seja, possuem um comportamento de ocorrência em semelhança, mas não apontam necessariamente relações de causa e efeito, conotado pelo índice de implicação. A linha horizontal na cor vermelha, como ilustrado na Figura 32, denota que a relação de similaridade possui níveis de maior significância de implicação e coesão.

Considerando o índice de similaridade de 0,90, temos 3 (três) classes com valores acima desse valor. Chamamos de classe A, B e C. A classe A aponta a convergência entre as variáveis V10 e V13, possui um índice de similaridade igual a 1, valor máximo do índice de similaridade. Esta classe formada evidencia que o estudante apresenta uma coerência em empregar o mesmo procedimento, a Estratégia 3 (utilizar a indução dos espaços ocupados pelos corpos individualmente

até encontrar a igualdade entre eles), em diferentes contextos de questões de Encontro de Corpos, ou seja, se o aluno utilizou a Estratégia 3 em uma dada questão este mesmo estudante a utilizou nas outras questões.

Figura 32 - Árvore da Similaridade da Análise Estatística Implicativa



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Outro agrupamento com um índice de similaridade expressivo, igual a 0,96, foi a classe B que indica a convergência entre as variáveis V4 (melhorou a performance de identificação das situações do corpo em Movimento Uniforme) e V14 (acertou a questão sobre a situação em que não ocorre ultrapassagem). Este indicador sinaliza que um estudante que possui um olhar mais apurado para uma abordagem conceitual e compreensão do fenômeno físico, sem se prender a um raciocínio mecânico e vínculo matemático, consegue sucesso na identificação das situações e contextos dos corpos em Movimento Uniforme (SOUSA, 2010). Reconhecemos que o aluno com habilidade de compreensão conceitual e raciocínio abstrato consegue resolver situações problemas sem a necessidade de formulações matemáticas e entende os significados da modelagem matemática e os contextos dos fenômenos físicos estudados.

No índice de similaridade também se considera a dessemelhança, assim os sujeitos que NÃO sabem o significado do instante de tempo de encontro ter valor negativo na situação de não ocorrer ultrapassagem também NÃO conseguiram identificar a situação de um corpo estar em Repouso se confundindo com a situação de Movimento Uniforme, expresso pela Classe C, com índice de similaridade igual a 0,90, composto pelas variáveis V5 (confundiu a situação de Repouso com a situação de Movimento Uniforme) e V15 (evidenciou não saber o significado do valor negativo para o tempo de encontro). Reconhecemos que este estudante se constitui num perfil de aluno que não conseguiu construir o entendimento do significado da investigação da constância da velocidade no decorrer do tempo assim como expôs dificuldades nas situações de interpretação dos parâmetros operatórios envolvidos no modelo matemático. Desta forma conseguimos perceber a necessidade de um retrabalho docente no sentido de amadurecer a concepção dos estudantes a respeito da definição dos conceitos e características estabelecidos pelo fenômeno do Movimento Uniforme os expondo às novas situações servindo como referências para a superação destes obstáculos em novas oportunidades de solução dos desafios propostos.

O segundo tratamento estatístico realizado através do Software CHIC foi o tratamento utilizando o cálculo do Grafo Implicativo o qual possibilita a representação das relações entre as variáveis através dos caminhos implicativos mais significativos, ou seja o grafo exhibe caminhos de causa e efeito entre as variáveis, permitindo uma interpretação de grande probabilidade de que a ocorrência de uma variável provoque a ocorrência da outra variável destino do caminho implicativo. O Software CHIC permite ao usuário a escolha de intervalos de implicação com cores diferentes, através da Barra de parâmetros do Grafo Implicativo, exibido na Figura 33. Em nossa análise estatística escolhemos vermelho para representar os caminhos com nível de confiança de implicação acima de 99%, a cor azul para indicar caminhos com nível de confiança entre 95% e 99%, a cor verde para valores entre 91% e 95% e a cor cinza para caminhos com nível de confiança no intervalo entre 85% e 91%.

Na representação gerada no Grafo de Quase-Implicação, ilustrado na Figura 34, não encontramos caminhos com confiança acima de 99% mas verificamos 3

(três) caminhos que evidenciam uma grande probabilidade, indicados na cor azul por ter valores de implicação acima de 95%.

Figura 33 - Barra de parâmetros do Grafo Implicativo



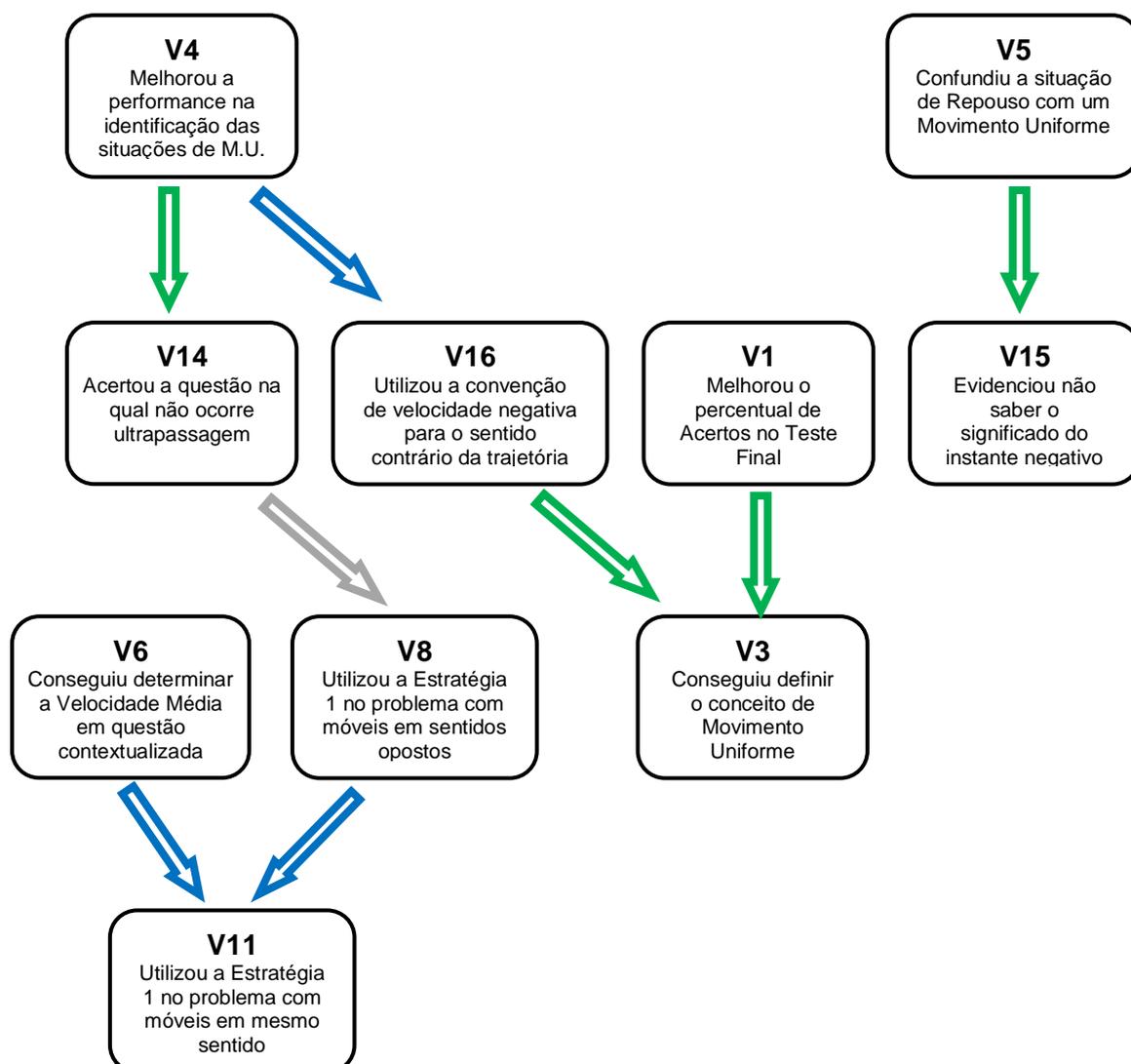
Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Detectamos um caminho de implicação, representado na cor azul, com valor alto da quase implicação chegando a 96%, como visualizamos na Tabela 6, valor que evidencia uma grande probabilidade da ocorrência da variável V4 (melhorar a performance na identificação das situações do corpo em Movimento Uniforme) provocar a ocorrência da variável V16 (utilizar a convenção de velocidade negativa para o corpo em sentido contrário ao da trajetória).

Outro caminho representativo, expresso na cor azul, foi o envolvendo a variável V6 (conseguiu determinar a Velocidade Média em uma questão contextualizada) e V11 (utilizou a Estratégia 1 na solução de problema de Encontro de Corpos com móveis com o mesmo sentido), chegando a um valor de confiança de 95%, como exposto na Tabela 6. Identificamos que a Estratégia 1 se constitui no mecanismo de resolução de problemas de Encontro de Corpos mais indicada pois atende um procedimento de uso geral e com eficiência na obtenção de sucesso nos resultados nos diversos contextos de Encontro de Móveis sem limitações de aplicação em relação as demais estratégias. Desta forma, os professores de Física, em sua dinâmica de ensino e aprendizagem dos conceitos e fenômenos de

Encontro de Corpos tendem a induzir e incentivar os estudantes a utilizarem o procedimento de igualar as equações horárias dos corpos, a Estratégia 1. Daí detectamos que os estudantes com melhores performances em acertos têm se utilizado da Estratégia 1 e tendem a conseguir melhores resultados no dimensionamento da velocidade média em questões contextualizadas.

Figura 34 - Grafo de Quase-Implicação da Análise Estatística



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

O terceiro caminho representado na cor azul, com índice de implicação de 97%, que indica um efeito de causa e efeito entre a variável V8 (utilizou a Estratégia 1 na solução de problema de Encontro de Corpos com móveis em sentidos opostos) e a variável V11 (utilizou a Estratégia 1 na solução de problema de Encontro de Corpos com móveis com o mesmo sentido). Este caminho ratifica que existe uma tendência de que os estudantes que se utilizam da Estratégia 1 como procedimento

de resolução dos problemas de Encontro de Corpos a utilize em diferentes contextos de situações problemas.

Tabela 6 - Índices de implicações, segundo a Teoria Clássica, usando a Lei Binomial

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16
V1	0	65	95	73	23	70	33	42	53	56	80	25	56	68	20	76
V2	63	0	19	58	31	75	64	46	29	45	81	20	45	52	39	47
V3	89	20	0	68	32	69	21	62	45	53	42	42	53	62	22	86
V4	79	62	78	0	0	81	27	64	48	35	93	34	35	93	3	96
V5	19	25	24	0	0	13	42	11	42	59	2	63	59	5	94	16
V6	75	85	78	80	11	0	45	76	54	35	95	32	35	69	30	80
V7	32	67	14	32	43	46	0	15	55	48	9	60	48	20	80	36
V8	44	47	62	59	21	67	23	0	42	25	97	31	25	76	18	73
V9	54	5	28	44	28	58	59	22	0	36	22	48	36	42	35	29
V10	70	21	55	12	78	9	38	0	30	0	0	31	95	11	37	69
V11	68	71	45	72	14	75	23	91	44	18	0	5	18	73	24	60
V12	3	0	21	17	81	13	74	5	48	36	0	0	36	16	73	9
V13	70	21	55	12	78	9	38	0	30	95	0	31	0	11	37	69
V14	73	52	69	92	3	69	15	90	47	35	93	34	35	0	0	58
V15	19	36	16	8	92	34	79	11	46	48	10	59	48	0	0	22
V16	76	46	91	88	19	74	37	79	44	56	67	32	56	57	23	0

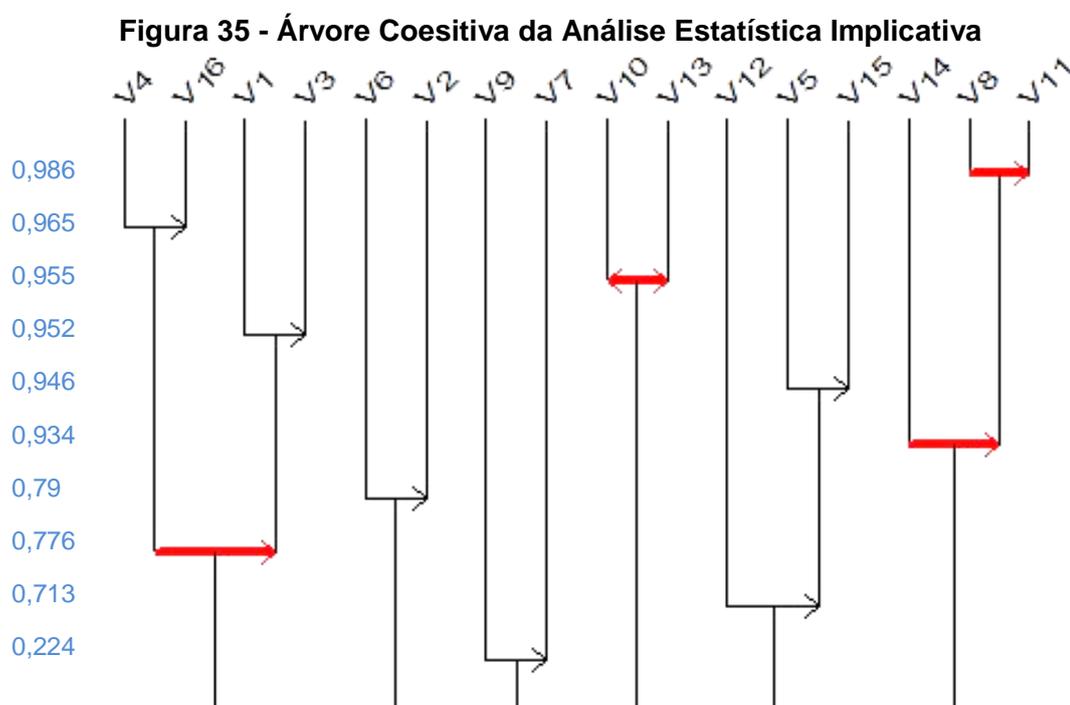
Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Encontramos ainda, na cor verde, 4 (quatro) caminhos de quase implicação com índice de implicação variando entre 91% e 95%. Dois destes caminhos já foram objetos de reflexão, em texto anterior, por terem apresentado elevados índices de similaridade, ou seja, além de demonstrar características similares também evidenciam altos índices de implicação justificando o efeito de causa e efeito. Um deles foi entre as variáveis V4 e V14 com índice de 93%, e o outro caminho foi entre as variáveis V5 e V15 com índice de 94%.

Destacamos dentre os quatro caminhos implicativos representados na cor verde a relação entre a variável V1 (melhorou o percentual de Acertos no Teste de Avaliação Final) provocando a ocorrência da observação V3 (conseguiu definir o Movimento Uniforme corretamente) com índice de implicação igual a 95%, exibido na Tabela 6. O sentido deste caminho é de que o estudante que consegue entender o significado do conceito de Movimento Uniforme tende a melhorar de forma geral os seus índices de acertos nos testes avaliativos.

O terceiro e último estudo estatístico efetivado por meio do Software CHIC foi o tratamento empregando o cálculo da Árvore Coesitiva o qual permite a

representação das relações entre agrupamentos de variáveis formando categorias na forma de árvore hierárquica das classes segundo o critério de coesão estatística implicativa. Na Figura 35, temos a Árvore Coesitiva produzida através do tratamento no software CHIC.



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Podemos observar uma forte implicação da variável V8 com V11, que indica que os estudantes que utilizaram a Estratégia 1 em problemas com móveis em sentidos opostos, também utilizam a Estratégia 1 em problemas com corpos em mesmo sentido, com índice de coesão de 0,986. E da Árvore Coesitiva exibida na Figura 35 obtemos uma relação estatística significativa entre a Classe gerada (V8→V11) e a variável V14 (acertou a questão sobre a situação em que não ocorre ultrapassagem) obtendo um índice de coesão de 0,934. Isto caracteriza que existe uma forte significação de que os estudantes que acertaram a situação de não ocorrência de ultrapassagem se utilizaram da Estratégia 1 em situações de Encontro de Corpos, descrito pelo caminho V14 → (V8 → V11).

Destacamos, fruto da Árvore Coesitiva gerada através do software CHIC ilustrada na Figura 35, o agrupamento de duas subclasses. Uma subclasse sendo o caminho apresentando índice de coesão de 0,965: V4 → V16 a qual relaciona o status em que o aluno tenha melhorado a sua performance na identificação das situações do corpo em Movimento Uniforme (V4) provocando a ocorrência da

utilização da convenção do sinal negativo para a velocidade do corpo quando este estiver em sentido contrário ao da trajetória adotada (V16).

Outra subclasse tendo índice de coesão de 0,952 foi: $V1 \rightarrow V13$ a qual relaciona a ocorrência da melhoria do percentual de Acertos no Teste de Avaliação Final (V1) provocando o acerto na definição do conceito do Movimento Uniforme (V3), já mencionado que expressa a tendência de que o estudante que consegue entender o significado do conceito de Movimento Uniforme tende a melhorar de forma geral os seus índices de acertos nos testes avaliativos.

Podemos observar que existe uma relação estatisticamente significativa entre essas duas subclasses: $(V4 \rightarrow V16) \rightarrow (V1 \rightarrow V3)$ apresentando índice de coesão na implicação de 0,776. Este caminho resultante nos permite interpretar que a tendência do estudante vir a conquistar melhores performances de acertos nos Testes está vinculada ao aluno ter manifestado o entendimento do significado do Movimento Uniforme e conseguir utilizar os mecanismos operacionais de aplicação dos conceitos do fenômeno envolvido tais como convenção de sinais das velocidades, identificação das situações de repouso, identificação das situações de velocidade constante a partir dos dados dos espaços em função do tempo e tradução do movimento através da representação da equação horária do espaço. Resumindo as conexões entre as variáveis observadas e traduzidas pelos cenários de implicações e coesões da ASI podemos perceber que a construção das competências e de conhecimento sobre o fenômeno de Encontro de Corpos está centrado no desenvolvimento por parte do estudante de um perfil com habilidade de compreensão conceitual, de raciocínio abstrato e entendimento dos significados da modelagem matemática e aplicações em diferentes contextos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Robótica Educacional tem se constituído como um valioso instrumento didático que permite a construção e a aplicação de conceitos físicos em contextos concretos, além de motivadora para o processo de ensino-aprendizagem. Diante das experiências observadas conseguimos concretizar a expectativa da Teoria dos Constructos Pessoais de George Kelly de que os aprendizes participam do processo de manipulação e planejamento como alunos inventores e cientistas, criando hipóteses e as verificando em constante ressignificação de seus construtos.

Em nossa dinâmica da experiência do desafio proposto utilizamos um roteiro contemplando o Ciclo de Experiência que possibilitou com que o grupo de estudantes vivenciassem momentos de necessidade de reincidência de levantamento de hipóteses, da testagem e da validação de suas hipóteses. Essas atividades utilizando o Kit de Robótica desenvolvidas em equipe evidenciaram a articulação e extensão de fundamentos metodológicos e teóricos do construtivismo com o construcionismo.

Enquanto o método construtivista propõe que o processo de ensino estimule a curiosidade do estudante induzindo buscar as respostas a partir de seus próprios conhecimentos e mobilizando a interação com a realidade e com os seus colegas, o método construcionista propõe que o processo cognitivo seja de intensa experimentação com produtos concretos de seu interesse. As sequências de ensino utilizando os kits de Robótica permitiram aos alunos a construção de esquemas e estruturas cognitivas a partir da manipulação de objetos concretos, do fazer pensar e da necessidade de reflexão e análise de resultados, materializando frutos de suas construções mentais.

Adotamos como contrato didático estabelecido nas sequências de ensino utilizando a Robótica Educacional uma perspectiva construtivista e construcionista em que o professor assumiu a postura de propor e desafiar o estudante a buscar soluções para as situações problemas com ações de orientação. Detectamos durante as vivências, precisamente nas atividades de experimentação, uma ocorrência de quebra de contrato didático em que um dos grupos de participantes do Ensino Médio ao apresentarem dificuldades no processo matemático de determinar o instante de encontro dos robôs, o professor permitiu que um outro grupo que de

forma espontânea se propôs a ajudar, auxiliasse os colegas no ensino dos procedimentos necessários para solução do problema. Mesmo tendo a teoria enunciado que a interlocução entre os sujeitos possibilita com que um estudante mais avançado pode contribuir para o desenvolvimento do colega (OLIVEIRA, 1988), esta ocorrência não tinha sido prevista na Engenharia Didática desenvolvida, mas a possibilidade de os colegas de turma participarem da socialização das ações de ensino durante a sequência de ensino foi reconhecida como mais um recurso de ensino para a superação das dificuldades.

A princípio pode surgir um questionamento sobre as motivações que nos levaram, em nossa investigação, a tratarmos e refletirmos sobre os resultados obtidos durante a vivência de toda a sequência de ensino estruturada com elementos da Engenharia Didática com estudantes do Ensino Superior e os resultados coletados com alunos pertencentes ao Ensino Médio de forma separada. O tratamento dos resultados de forma separada se deu em função do reconhecimento de que os contextos de formação de conceitos e experiências dos processos de ensino e aprendizagem dos conteúdos pesquisados para os dois conjuntos de estudantes foram diferentes.

Vale destacar que, embora a nossa expectativa fosse de encontrarmos estudantes do Ensino Superior com melhores níveis formativos e de conhecimentos da Física em relação aos alunos da Educação Básica, não detectamos superioridade de performance destes estudantes. Provavelmente diante da carência de professores com formação específica em Física nas escolas de cidades do interior do estado de Pernambuco, identificamos diversos alunos do Ensino Superior apresentando lacunas formativas que se manifestaram em nossos instrumentos de coleta de dados.

O fato de termos encontrado, no universo dos estudantes da Licenciatura em Física, diversas lacunas formativas tanto em aspectos conceituais quanto no domínio dos conhecimentos específicos e operacionais da física e da matemática, e este público se constituir como sendo os futuros professores de física atuantes nas escolas da região, acentuam a importância deles terem participado e vivenciado as experiências da sequência de ensino proposta. É importante destacar que estas lacunas de aprendizagem podem comprometer a formação destes futuros docentes de física. Desta forma, os sujeitos do Ensino Superior tiveram a oportunidade de

vivenciar uma experiência inovadora configurando uma prática de ensino como componente curricular, assim como, participaram de um processo de ensino e aprendizagem de um fenômeno físico, o Encontro de Corpos.

Outro aspecto que mobilizou a necessidade de tratamento e análise dos resultados obtidos separados para os dois grupos de estudantes com escolaridades diferentes foi a questão de que os alunos do Ensino Médio participantes foram acompanhados sistematicamente por um professor de Física enquanto o outro grupo participou exclusivamente com os conhecimentos e competências construídos em suas experiências anteriores.

Diante das características da nossa pesquisa conseguimos identificar e classificar que ela consistiu em uma abordagem de Microengenharia Didática a qual compreendeu investigações locais com foco no objeto de estudo restrito a um determinado assunto, o Encontro de Corpos em Movimento Uniforme, tomando como referência as ocorrências de um ambiente escolar específico.

Entendemos que a nossa proposta de sequência de ensino contempla alguns preceitos da Teoria das Situações Didáticas (TSD) a qual recomenda que as sequências de ensino devem incentivar o estudante a atuar como pesquisador mediado pelo professor em atividades de experimentação, construção e validação de hipóteses, construção de conceitos e socialização de seus resultados.

A possibilidade de inserção de atividades com exploração dos objetos de manipulação tais como as peças de encaixe, sensores e motores dos kits de Robótica, no cotidiano dos estudantes, oportuniza um contexto em que o indivíduo consegue abstrair conhecimentos através das simulações concretas dos fenômenos físicos estudados reforçando as previsões da Teoria Construcionista de Papert. Como estas atividades foram desenvolvidas em equipe e em ambiente colaborativo, evidenciamos a importância da interação e interlocução entre os participantes na construção dos conhecimentos e reestruturação de suas concepções.

A utilização da Análise Estatística Implicativa (ASI) como processo de análise das observações e resultados obtidos pelos sujeitos em seus desafios, expandindo a visão de uma abordagem qualitativa para um tratamento quantitativo se apropriando de elementos probabilísticos e estatísticos, contribuiu de forma significativa para evidenciar uma alta articulação entre as estratégias adequadas

adotadas para a solução dos problemas de Encontro de Corpos e as manifestações de domínio dos conceitos físicos e das competências operacionais pertinentes a modelagem matemática do fenômeno estudado.

Percebemos que a ferramenta de convergência para uma análise estatística quantitativa utilizando o software CHIC nos trazem indicadores numéricos e elementos que nos permitem criteriosamente evidenciar tendências e articulações de implicações entre comportamentos e resultados com grande confiabilidade. Desta forma, as potencialidades da ferramenta ASI demonstradas neste estudo induz a uma capacidade de expansão e complementação da abordagem qualitativa despertando possibilidades e necessidade de sua aplicação em novas investigações e estudos em processos de ensino e aprendizagem.

Reconhecemos que a articulação da Análise Estatística Implicativa (ASI) em processos de pesquisas no Ensino da Física, em dinâmicas inicialmente com abordagens e análise de dados qualitativos, possibilita uma expansão nas análises dos resultados devido a migração para uma abordagem quantitativa com perspectivas de identificação de implicações estatísticas. Assim como, favorece a indução e generalização de resultados referentes ao fenômeno observado. Desta forma, destacamos que o tamanho da amostra de sujeitos ou número de eventos de pesquisa observados contribui para uma maior confiabilidade nas tendências detectadas no tratamento estatístico.

O uso da Robótica, neste estudo, através de projetos de montagens provocando desafios e busca de soluções para situações problemas possibilitou com que os estudantes utilizassem conceitos físicos em situações concretas resgatando saberes aprendidos, assim como a mobilização de avaliação e reestruturação de suas concepções em construção.

Ao final de todo o processo de desenvolvimento, experimentação e análise da proposta de sequência de ensino utilizando elementos da Engenharia Didática, mesmo possuindo mais de vinte e cinco anos de experiência no ensino de Física, a metodologia da Engenharia Didática nos permitiu identificar dificuldades, obstáculos e estratégias utilizadas para a solução dos problemas que jamais tinham sido percebidas.

Os efeitos e os resultados obtidos por esta pesquisa nos direcionam para futuras investigações desenvolvendo novas propostas de ensino estruturadas a partir de elementos da Engenharia Didática utilizando montagens de experimentos com os kits de Robótica Educacional abordando outros conceitos físicos, tais como: Lançamento Horizontal, Lançamento Oblíquo, Choques Mecânicos, Equilíbrio de corpos, Movimento Harmônico Simples entre outros. Diante deste cenário recomendamos a realização de novos estudos com o ensino de outros fenômenos físicos e divulgando suas análises a posteriori e a validação, permitindo a replicação destas propostas didáticas.

Ampliando nossas investigações e atendendo o anseio de visitar novos ambientes de aprendizagens com a implementação de sequências de ensino utilizando elementos da Engenharia Didática articulando atividades construcionistas manuseando os kits de Robótica Educacional, neste momento, estamos desenvolvendo uma pesquisa similar ao objeto desta obra, trabalhando com o fenômeno físico do Lançamento Horizontal. Na sequência de ensino, os aprendizes serão submetidos a aplicação de um Teste Diagnóstico, vivenciarão uma experimentação com a montagem e programação de um Lançador de bola, estudo do movimento usando um software de análise de sequência de vídeo (Tracker) e concluindo com a aplicação do Teste de Avaliação Final.

O desenvolvimento e a visualização dos resultados deste trabalho de pesquisa nos trouxeram um sentimento de orgulho e satisfação. Destacamos que a proposta realizada serve como instrumento e recurso didático e de orientação para professores de Física capaz de ser reaplicada em diferentes contextos sendo necessário pequenos ajustes dependendo da participação e do perfil acadêmico dos estudantes, da experiência do professor ou até da infraestrutura da escola.

REFERÊNCIAS

ACCIOLI, Rosângela Mengai. **Robótica e as transformações geométricas: um estudo exploratório com alunos do ensino fundamental**. Dissertação (Mestrado), 212p. Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, PUC- SP, São Paulo, 2005.

ALMEIDA, Felipe de Lima. **Lego® Education: um recurso didático para o ensino e aprendizagem sobre os artrópodes quelicerados**. Dissertação (Mestrado), 115p. Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, 2016.

ALMOULOUD, Saddo Ag; SILVA, Maria José Ferreira da. **Engenharia didática: evolução e diversidade**. In: Revemat: Revista Eletrônica de Educação Matemática eISSN 1981-1322. Florianópolis, v. 07, n. 2, p. 22-52, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/viewFile/1981-1322.2012v7n2p22/23452>>. Acesso em: 03 dez. 2015.

ANDRÉ, Marli; SIMÕES, Regina H.S.; CARVALHO, Janete M.; BRZEZINSK Iria. **Estado da arte da formação de professores no Brasil**. Educação e Sociedade, 1999. Ano XX, n. 68, p. 301-399.

ARDUINO. **Arduino Open Source Products for Electronics Projects**. Disponível em: <<http://www.arduino.org/>>. Acesso em: 30 maio 2017.

ARTIGUE, M. **Engenharia Didática**. In: BRUN, Jean. Didática das Matemáticas. Lisboa: Instituto Piaget. Horizontes Pedagógicos, 1996, p.193-217.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARBOSA, Fernando da Costa. **Rede de aprendizagem em robótica: uma perspectiva educativa de trabalho com jovens**. Tese (Doutorado), 367p. Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

BERENGUER, Maria Izabel Salles. **A aplicação da Engenharia Didática no Ensino das Ciências Exatas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), 36p. Universidade Cândido Mendes. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio**, volume 3 - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 1999.

BRASIL. *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Vol. 3 - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002. 144p.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP. **Matriz de Referência ENEM**, Brasília: MEC, 2012. Disponível em: <

http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf>. Acesso em: 19 maio 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação - CNE. **Resolução nº 2 - 01 de julho de 2015– DCN para cursos de Licenciatura**, Brasília: MEC, 2015. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/docman/agosto-2017-pdf/70431-res-cne-cp-002-03072015-pdf/file>>. Acesso em: 20 out. 2017.

BRITANNICA. **Karel Čapek**. Encyclopædia Britannica, 2015. Disponível em: <<https://www.britannica.com/biography/Karel-Capek> >. Acesso em: 28 maio 2018.

BROUSSEAU, Guy. **Introdução ao estudo das situações didáticas: conteúdos e métodos de ensino**. Tradução de Camila Bogéa. São Paulo: Ática, 2008. 128p.

BRÜGGEMANNI, Odaléa Maria; PARPINELLI, Mary Ângela. **Utilizando as abordagens quantitativa e qualitativa na produção do conhecimento**. In: Revista da Escola de Enfermagem da USP. v.42, n.3, São Paulo setembro 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-62342008000300021>. Acesso em: 28 abr. 2017.

BRUN, Jean. **Didáctica das Matemáticas**. Porto Alegre: Instituto Piaget, 2000.

CAMPOS, Celso Ribeiro. **O ensino da matemática e da física numa perspectiva integracionista**. Dissertação (Mestrado), 140p. Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, PUC- SP, São Paulo, 2000.

CARGNIN, Claudete. **Ensino e aprendizagem da integral de Riemann de funções de uma variável real: possibilidades de articulação da utilização de Mapas Conceituais com a teoria dos Registros de Representações Semióticas**. 2013. 416 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

DEWEY, John. **Democracia e Educação**. 3. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1959.

DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; VILLAS BÔAS, Newton. **Física: Mecânica**. v. 1, 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

FERREIRA, Marcello; LOGUERCIO, Rochele de Quadros. **Análise de Competências em Projetos Pedagógicos de Licenciatura em Física a Distância**. In: Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC) v. 16. n. 2. pp. 389-419. agosto 2016. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2875>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

FREIRE, Paulo; SHOR, Ira. **Medo e Ousadia: o cotidiano do professor**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1986.

GÁLVEZ, Grecia. **A Didática da Matemática**. In: PARRA, Cecília; SAIZ, Irma (org). Didática da Matemática: Reflexões Psicológicas. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GONÇALVES, Paulo César. **Protótipo de um robô móvel de baixo custo para uso educacional**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá: 2007.

GRAS, Régis; LARHER, A. **Revista Em Aberto**, ano 14, n. 62, 1994.

GRAS, Régis; REGNIER, Jean-Claude., MARINICA, C.; GUILLET Fabrice. **L'analyse Statistique Implicative. Méthode exploratoire et confirmatoire à la recherche de causalités**. 2ed. Toulouse: Cépaduès-Éditions, 2013.

GUIMARÃES, Reinaldo Silva; BARLETTE, Vania Elisabeth; GUADAGNINI, Paulo Henrique. **A engenharia didática da construção e validação de sequências de ensino: um panorama com foco no ensino de ciências**. In: Revista Polyphonia, v. 26/1, jan./ jun. 2015. pp. 211-226.

HALL, Calvin S.; LINDZEY, Gardner; CAMPBELL, John B. **Teorias da personalidade**. Trad. Maria Adriana Veronese. – 4. ed. – Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. p.334-339

HONORATO, Wagner de Almeida Moreira. **Proposta de uma plataforma robótica para o ensino de cinemática**. Dissertação (Mestrado Profissional), 144f. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá: 2016.

JOJOA, Edith Milena Jiménez; BRAVO, Eduardo Caicero; BACCA CORTÉS, Eval Bladimir. **Tool for Experimenting with concepts of Mobile Robotics as Applied to Children's Education**. IEEE Transactions on Education, v. 53, n. 1, Fevereiro, p.88-90. Cali, Colombia: 2010.

LIMA, José Roberto Tavares de. **Um estudo do uso de conceitos físicos aprendidos em sala de aula utilizando Robótica Pedagógica**. Dissertação (Mestrado), 149p. Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, UFRPE, Recife: 2012.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, Silvia Dias Alcântara. **Engenharia Didática**. In: MACHADO, Silvia Dias Alcântara. (Org.). Educação Matemática: uma (nova) introdução. 3 ed. São Paulo: EDUC, 2010. p. 233-248.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. São Paulo: NOVATEC, 2011.

MELHORAMENTOS. **Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa**. Disponível em: < <http://michaelis.uol.com.br/busca?id=RQ47d>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

MINDSTORMS. **Home - Mindstorms LEGO**, 2017. Disponível em: < <https://www.lego.com/pt-br/mindstorms?ignorereferer=true> >. Acesso em: 23 jun. 2017.

MIRANDA, L. C.. **RoboFácil**: Especificação e Implementação de Artefatos de Hardware e Software de Baixo Custo para um Kit de Robótica Educacional. Dissertação (mestrado). UFRJ, Rio de Janeiro: 2006.

MOREIRA, Leonardo Rocha. **Robótica Educacional**: uma perspectiva de ensino e aprendizagem baseada no Modelo Construcionista. Dissertação (mestrado), 129p. Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada, UNIFOR, Fortaleza: 2016.

MOREIRA, Marco Antônio. Modelos Mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 95-108, dez. 1996. Rev. 1999, atualizado 2004. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N3/moreira.htm>>. Acesso em: 20 maio 2015.

NEIMEYER, Robert A.; NEIMEYER, Greg. J. **Personal construct theory casebook**. Nova York, Estados Unidos: Springer Publishing Company, 1987.

NEVES, Ricardo Ferreira das; CARNEIRO-LEÃO, Ana Maria dos Anjos; FERREIRA, Helaine Sivini. **A interação do Ciclo da Experiência de Kelly com o Círculo Hermenêutico-Dialético para a construção de conceitos de Biologia**. In: Ciência e Educação, v.18, n.2, p.335-352, 2012.

NXT. **Sobre Lego Education**. Disponível em: < http://inteligenciaeducativa.net/lego_education>. Acesso em: 23 jun. 2017.

OLIVEIRA, Marta Kohl de. **Vygotsky Aprendizado e desenvolvimento**. Um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 1998.

PAPERT, Seymour; HAREL, Idit. **Situating Constructionism**. Construcionismo, Ablex Publishing Corporation: 1991. Disponível em: <<http://www.papert.org/articles/SituatingConstructionism.html>>. Acesso em: 20 maio 2018.

PERRENOUD, Philippe. **10 Novas Competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PIETROCOLA, Maurício Pinto de Oliveira; POGIBIN, Alexander; OLIVEIRA, Renata Cristina de Andrade; ROMERO, Talita Raquel Luz Romero. **Física em contextos**: pessoal, social e histórico. v. 1. São Paulo: FTD, 2011.

POMMER, Wagner Marcelo. **A Engenharia Didática em sala de aula**: Elementos básicos e uma ilustração envolvendo as Equações Diofantinas Lineares. São Paulo: USP, 2013. Disponível em: < <http://stoa.usp.br/wmpommer/files/3915/20692/Livro+Eng%C2%AA+Did%C3%A1tica+2013.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico, 5ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RABELO, Ana Paula Stoppa. **Robótica Educacional no Ensino de Física**. Dissertação (Mestrado), 55p. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal de Goiás (UFG), Catalão: 2016.

ROBOTC. **ROBOTC for RCX**, 2012. Disponível em: <<http://www.robotc.net/download/rcx/>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

ROCHA, Laurentino G. da; TENÓRIO, Alexandro C.; BASTOS, Heloisa Flora B. Nóbrega. **O Ciclo da Aprendizagem Kellyana e o Movimento Retilíneo Uniforme: de Aristóteles para Galileu**. In: XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2008. Disponível em: < <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T018-4-1.pdf> >. Acesso em: 03 jun. 2015.

SÁNCHEZ, Enrique Ruiz-Velasco. **Ciencia y Tecnologia através de La Robótica Cognoscitiva**. Artigo, 9p. Universidade Nacional Autónoma do México - UNAM. Centro de Investigación e Servicios Educativos, Cidade do México, México: 1996.

SANTOS, João Paulo da Silva. **Utilizando o Ciclo da Experiência de Kelly para analisar visões de ciência e tecnologia de licenciandos em Física quando utilizam a Robótica Educacional** 174 f. Dissertação(Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife-PE: 2016

SEAMAN, Virgil A.; STECK, Francis X. **Robotics Applications for the Curriculum to Reflect Thechnology**. Annual Meeting of the American Industrial Arts Association, 30 mar. 1985. Disponível em: < <http://eric.ed.gov/PDFS/ED255654.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

SILVA, Adriano Fonseca. **Uma proposta de sequência didática para o ensino da Cinemática através da Robótica Educacional**. Dissertação (Mestrado), 42p. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal de Goiás (UFG), Catalão: 2016.

SOUSA, Edvaldo Vale de. **Objetos de Aprendizagem no Ensino de Matemática e Física: uma proposta interdisciplinar**. Dissertação (Mestrado), 218p. Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC- SP), São Paulo: 2010.

TEIXEIRA, Paulo Jorge Magalhães; PASSOS, Claudio Cesar Manso. **Um pouco da teoria das situações didáticas (tsd) de Guy Brousseau**. In: Zetetiké – FE/Unicamp – v. 21, n. 39 – jan/jun 2013. Disponível em: <<https://www.fe.unicamp.br/revistas/ged/zetetike/article/viewFile/4327/5110>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

TRONIXSTUFF. **Review – “Ardublock” graphical programming for Arduino**, 2013. Disponível em: <<http://tronixstuff.com/2013/10/25/review-ardublock-graphical-programming-language-arduino/>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

VYGOTSKY, Lev Semenovitch. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

WACHILISKI, Marcelo. **Didática e Avaliação**: Algumas Perspectivas da Educação Matemática. Curitiba: IBPEX, 2007.

ZILLI, Silvana do Rocio. **A Robótica Educacional no Ensino Fundamental**: perspectivas e prática. Dissertação (Mestrado), 89p. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis: 2004.

ZOOM. **ZOOM Education for life**, 2017. Disponível em: <<http://zoom.education/>>. Acesso em: 02 jul. 2017.

APÊNDICES

**APÊNDICE A – Trabalhos Nacionais publicados em Eventos ou Revistas
abordando a Robótica para o Ensino**

EVENTO/ REVISTA	ANO	TÍTULO	AUTORES	INSTITUIÇÃO
ENPEC	2005	Projeto de integração das disciplinas de Física, Matemática e Robótica num curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial envolvendo noções de Cinemática, Dinâmica e Modelamento de Robôs em 2D	Cezar Cavanha Babichak; Maria Eli Puga Beltrão; William Cezar Kruss; Viviane Briccia Nascimento	FTT São Bernardo do Campo/SP
	2011	A Biônica no Ensino de Física: uma tecnologia assistiva utilizando uma interface cérebro computador para controlar uma unidade robótica	Edval Rodrigues de Viveiros; Eder Pires de Camargo	UNESP
	2013	O Pensamento Analógico como instrumento de aprendizagem: o uso de analogias na robótica educacional	Rafael Henriques N. Diniz; Míriam Stassun dos Santos	CEFET-MG
		A concepção de robótica dos alunos de nível médio a partir da representação de protótipos relacionados ao conceito de titulação	Carlos Antônio Pereira Jr; Vitor de Almeida Silva; Victor Ricardo Félix Ferreira ; Márlon Herbert F.B. Soares	UFG
	2015	O desenvolvimento e a construção de aparelhos alternativos para laboratórios de química no ensino médio utilizando a robótica educacional	Walex Fernandes Lima Victor Ricardo Felix Ferreira Marlon Herbert F, B, Soares	UFG
		O Ensino de Biologia a Partir da Robótica Educacional: Colaboração e Cooperação em Discussões sobre o Sistema Nervoso Humano	Mara Cristina de M. Garcia Marlon Herbert F, B, Soares	UFG
		O estabelecimento de possíveis relações conceituais entre o conhecimento químico e a robótica educacional	Carlos Antônio Pereira Jr; Marlon Herbert F, B, Soares	UFG
		Uma revisão das produções científicas nacionais sobre o uso da Robótica no Ensino da Física	José Roberto Tavares de Lima Helaine Sivini Ferreira	UFRPE e IFPE
	2017	A ARTE DE APRENDER PARA ENSINAR: discutindo a capacitação de robótica com Arduino® para professores de ciências e matemática do município de Paracambi/RJ	Patricia Carlos Torres de Almeida	IFRJ
		A Robótica Educacional na discussão das forças de atrito	Toni Fernando M. dos Santos Paulo José Sena dos Santos	UFSC
		Análise das produções brasileiras publicadas nos ENPEC sobre robótica educacional no ensino de ciências	Luiz Alberto da Silva Junior Walquíria Castelo Branco Lins Marcelo Brito Carneiro Leão	UFRPE
		Programação com Arduino para estudo do tema energia nos anos iniciais do Ensino Fundamental	Elaine Silva Rocha Sobreira Alessandra Aparecida Viveiro João Vilhete Viegas d'Abreu	UNICAMP
		Análise de Tendências sobre Robótica em congressos da área de Ensino de Ciências	Rodrigo Baldow Luiz Alberto da Silva Junior Marcelo Brito Carneiro Leão	UFRPE
	EPEF	2012	Robótica Educacional no ensino de física: estudo preliminar sob uma perspectiva praxeológica	Milton Schivani; Maurício Pietrocola
2014		A Robótica como ferramenta no ensino: análise de uma experiência em processo	Clarice Parreira Senra	UFJF e CMFJ
2016		Ensino de física com dispositivos mecatrônicos: potencializando ações investigativas para a promoção da alfabetização científica	Alberto de Castro Baptista Maxwell Siqueira Carlos Alexandre Batista Yasmin Reis	UESC - BA
		Tutorial de Experimento de Física com Arduino	Ítalo Marcos de Lima Henrique Leal Rufino Muriele da Silva Sousa Francisco Dias V. de Araujo	IFPI
SNEF	2005	Alfabetização Tecnológica nas séries iniciais: pressupostos e notas sobre um Curso de Formação	Fábio Henrique de A.Freitas Frederick Moreira Santos	UFBA
	2011	Novas Tecnologias para o ensino de Física: um estudo preliminar das características e potencialidades de Atividades usando Kits de	Estevam Rouxinol Milton Schivani Renata de Andrade Talita Raquel Luz Romero	USP / FEUSP

SNEF		Robótica	Maurício Pietrocola	
		Robótica Pedagógica para o ensino de Física sob um olhar da Teoria Kellyana	José Roberto Tavares de Lima Renata Moreira Pires Alberto E. Pereira de Araujo	UFRPE e IFPE
	2013	Potencialidades do Arduino na Aprendizagem por Projetos	Marisa Almeida Cavalcante Cristiane R. Caetano Tavoraro Elio Molisani	PUC/SP UFRGS
		Oscilador Amortecido em Interface com Arduino	José Neres de Almeida Junior Marisa Almeida Cavalcante Thais Tokashiki T. Rodrigues	PUC/SP
		Arduino e Ferramentas da Web 2.0 no Ensino de Física: um exemplo de aplicação em aulas de Óptica	Elio Molisani Rejane Maria R. Teixeira Marisa Almeida Cavalcante	PUC/SP UFRGS
		Uma experiência de utilização da Robótica Pedagógica articulando conceitos físicos sob a fundamentação da Teoria dos Construtos Pessoais	José Roberto Tavares de Lima Alexandre Valença N. da Silva Alberto E. Pereira de Araujo	UFRPE e IFPE
		Atividades de Robótica no Museu de Ciências: contribuições e desafios	Laís Rodrigues Luís Carlos Victorino	CEFET RJ e Fiocruz
			A placa arduino com ethernet shield e experiências de física realizadas remotamente via rede internet	Marcele Lacerda S. T. Oliveira; Luiz Raimundo M. Carvalho; Júlio Cesar P. de Figueiredo; Leon José de Oliveira Soares; Mayke Armando do Valle; Fabiano Pereira de Oliveira; Jorge Luiz Gomes Dias; Helio Salim de Amorim
	2015	Novas tecnologias no ensino de física para o estudo das cores: o uso do scratch for arduino e tracker	Anderson de Castro Teixeira; Marisa Almeida Cavalcante; Mariana Balaton	PUC/SP
		As marés atmosféricas: uma abordagem para o Ensino Médio a partir de uma atividade experimental investigativa	Luiz Raimundo M. Carvalho; Helio Salim de Amorim	UFRJ
		Medindo distâncias com arduino	Jader Bernardes; Lisiane Diehl	UFRGS
		Robótica para o Ensino de Física na Educação não formal	Nathaly Barboza de Brito; Simone Pinheiro Pinto; Monica Dahmouche; Victor Hugo Ferreira da Silva; Messias Caldeira Rosa Dutra	CEFETRJ e UERJ
	2017	Uso da robótica como metodologia alternativa para o ensino de física.	Deymes Silva Aguiar Lucas Izidio de S. Sampaio Bruno Pires Sombra Wilton Bezerra de Fraga	IFPI
		Modelo experimental para demonstrar o funcionamento da lombada eletrônica utilizando Arduino Uno	Gabriel P. C. Campelo José Altenis dos Santos Isaac S. Alves	Invest Centro Educacional - PE
		Instrumentação com Arduino no ensino de física	Gabriel P. C. Campelo José Altenis dos Santos Isaac S. Alves	Invest Centro Educacional - PE
		Uma alternativa para medida de posição em experimentos de mecânica com sensor infravermelho e Arduino	Franciole Marinho Laura Paulucci	Universidade Federal de São Carlos
		Proposta de experimentação física utilizando microcontrolador Arduino	Klayton Marcondes José William Borges Roberta Hanna Saulo Leite Wellington Fonseca	UFPA
		Experimento remoto como ferramenta de aprendizagem: um estudo comparativo	Amira Amaral do Sim Marco Aurélio A. Monteiro	UNESP
		Sensor LDR aplicado no ensino da física para obtenção de dados de luminosidade do ambiente	Alberto Richielly M. C. Branco Márcia Cristina P. Albuquerque Iago Luan dos S. Sousa	IFPA
	RBEF	2011	Física com Arduino para iniciantes	Marisa Almeida Cavalcante; Cristiane R. Caetano Tavoraro; Elio Molisani
2011		A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC	Anderson R. de Souza; Alexsander C. Paixão; Diego D. Uzêda; Marco A. Dias;	UFRJ

RBEF			Sergio Duarte; Helio S. de Amorim	
	2014	Observando as marés atmosféricas: Uma aplicação da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura	Luiz Raimundo M. Carvalho; Helio Salim de Amorim	UFRJ
	2015	Sensores digitais de temperatura com tecnologia one-wire: Um exemplo de aplicação didática na área de condução térmica	Helio Salim do Amorim Marco Adriano Dias Vitorvani Soares	IFRJ
	2016	Instrumentação para análise de vibrações mecânicas nos domínios do tempo e da frequência utilizando a plataforma Arduino	Marcus Varanis Anderson Langone Silva Pedro Henrique A. Brunetto Rafael Ferreira Gregolin	UFGS - MS
		Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre	Cordova Tort	UFRJ
		Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real	Luiz Antonio Dworakowski Ângela Maria Hartmann Edson Massayuki Kakuno Pedro Fernando T. Dorneles	UF Pampa - RS
		Estatística de contagem com a plataforma Arduino	Pereira Santos Amorim	UFRJ
	2017	Investigação do fenômeno ilha de calor urbana através da utilização da placa Arduino e de um sítio oficial de meteorologia	Dereczynski Santos Amorim	UFRJ
		Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio	Sérgio Silveira Mauricio Girardi	UFSC
	2018	On mechanical vibration analysis of a multi degree of freedom system based on arduino and MEMS accelerometers	Marcus Varanis Anderson Langone Silva Arthur Guilherme Mereles	UFGD - MS
Investigações em Ensino de Ciências	2018	Visões de ciência e tecnologia entre licenciandos em física quando utilizam a Robótica Educacional: um estudo de caso	João Paulo da Silva Santos Alexandro Cardoso Tenório Michael Lee Sundheimer	UFRPE
Dissertações	2005	Um estudo sobre Robótica Educacional usando Lego Mindstorms	Carmen Faria dos Santos	UFES
	2005	Robótica e as transformações geométricas: um estudo exploratório com alunos do ensino fundamental	Rosangela Mengai Accioli	PUC / SP
	2007	Interpretação de gráficos de velocidade em um ambiente robótico	Renata Martins Fortes	PUC / SP
	2007	A construção da prática pedagógica do professor: o uso do Lego na sala de aula	Aliete Ceschin Labegalini	PUC / PR
	2008	RoboEduc: Especificação de um Software Educacional para Ensino da Robótica às Crianças como uma Ferramenta de Inclusão Digital	Viviane Gurgel de Castro	UFRN
	2009	Robótica Educacional como cenário investigativo nas aulas de matemática	Karina Disconsi Maliuk	UFRGS
	2011	Aplicação de arquitetura pedagógica em curso de Robótica Educacional com hardware livre	Marcos de Castro.Pinto	UFRJ
	2011	Educação e Robótica Educacional na escola pública: as artes do fazer	Fernando da Costa Barbosa	UFU
	2011	A Robótica Educacional como ferramenta metodológica no processo ensino-aprendizagem: uma experiência com a segunda lei de Newton na série final do ensino fundamental!	Ronnie Petter Pereira Zanatta	UTFPR
	2012	Um estudo do uso de conceitos físicos aprendidos em sala de aula utilizando Robótica Pedagógica	Jose Roberto Tavares de Lima	UFRPE
	2012	Robótica na sala de aula de Matemática: os estudantes aprendem Matemática?	Elisa Friedrich Martins	UFRGS
	2012	Abordagem crítica de Robótica Educacional: Álvaro Vieira Pinto e Estudos de Ciência, Tecnologia e Sociedade	Rodrigo Barbosa e Silva	UTFPR
	2013	Uso da Robótica no ensino de proporção aos alunos do Ensino Fundamental II	Gileno Moura do Nascimento	UNIAN
	2013	Uma proposta de metodologia para o ensino de Física usando robótica de baixíssimo custo	Alessandro Vinícius P.R. Araújo	UFRN
2014	A utilização da robótica educacional LEGO® e	Rafael Henriques Nogueira	CEFET/MG	

Dissertações		suas contribuições para o ensino de Física'	Iniz	
	2014	Arduino como uma ferramenta mediadora no Ensino de Física	Rafael Frank de Rodrigues	UFRGS
	2014	O uso de Arduino na criação de kit para oficinas de Robótica de baixo custo para escolas públicas	Luiz Ariovaldo Fabri Junior	USP / IF
	2015	LEGO® ZOOM : ferramenta para obtenção de dados experimentais na física para o ensino fundamental	Felipe Renier Maranhão Lima	UNB
	2015	Robótica educativa com crianças/jovens : processos sociocognitivos	Jean Hugo Callegari	UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
	2015	Robótica Educativa: um recurso para o estudo de geometria plana no 9º ano do Ensino Fundamental	Maria Claudete Schorr Wildner	FUVATES - RS
	2015	Currículo, tecnologias e alfabetização científica: uma análise da contribuição da Robótica na formação de professores	Tatiana Souza Da Luz	PUC SP
	2015	A implementação de um projeto de robótica com o apoio dos conceitos de ciências e matemática	Vinicius Silveira Magnus	U LUTERANA DO BRASIL, RS
	2015	Robótica Educacional e raciocínio proporcional: uma discussão à luz da teoria da relação com o saber	Edvanilson Santos De Oliveira	UEPB
	2015	A prática docente e a Robótica Educacional: caminhos para uma estreita relação entre tecnologia e o ensino de ciências	Josilda Dos Santos Nascimento Mesquita	UF ABC
	2015	Robótica Educacional e Aprendizagem Colaborativa no ensino de biologia: discutindo conceitos relacionados ao sistema nervoso humano	Mara Cristina De Morais Garcia	UFG
	2015	Projeto de Robótica Educacional para criar Cenários Multidisciplinares como Apoio ao Ensino e Aprendizagem de Matemática e Física	Marcio Lucio Dias Pereira	UNIVERSIDADE CRUZEIRO DO SUL, São Paulo
	2016	Método multimeios de ensino de física: o ensino híbrido no primeiro ano do ensino médio	Newton Flavio Correa Molina	UE PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
	2016	Aplicação das operações com Matrizes Movimentando um robô no plano	Walter Rafael Da Silva Pantoja	UF AMAPÁ
	2016	Altas habilidades/superdotação e robótica: relato de uma experiência de aprendizagem a partir de Vygotsky	Wilson Roberto Francisco Pereira	Centro Universitário Internacional, PR
	2016	Robótica livre como alternativa didática para a aprendizagem de música	Sabrina Favaretto Antunes	Fundação Universidade de Passo Fundo
	2016	Ensino das Relações Métricas do Triângulo Retângulo com Robótica Educacional	Marden Eufrasio dos Santos	IFAM
	2016	Raios X no Ensino Médio via Acesso Remoto na Perspectiva da Aprendizagem Significativa	Ivanildo Fabricio de Oliveira	UE DE MARINGÁ
	2016	Lego® Education: um recurso didático para o ensino e aprendizagem sobre os artrópodes quelicerados	Felipe de Lima Almeida	UEPB
	2016	Uma proposta de ensino acerca das energias renováveis: ações a partir do kit de robótica	Francinaldo Maciel de Brito	UEPB
	2016	Conhecimento geométrico de professores dos anos iniciais do ensino fundamental: um estudo a partir do observatório da educação	Ricardo Benedito de Oliveira	UF ABC
	2016	Proposta de uma plataforma robótica para o ensino de cinemática	Wagner de Almeida Moreira Honorato	UF DE ITAJUBÁ
	2016	Métodos inovadores agregados à tecnologia como ferramentas auxiliaadoras no aprendizado da matemática	Robson Luis Thome	UF JUIZ DE FORA - RJ
2016	Uma Proposta de Sequência Didática para o Ensino da Cinemática Através da Robótica Educacional	Adriano Fonseca Silva	UFG	
2016	Robótica Educacional no ensino de física	Ana Paula Stoppa Rabelo	UFG	
2016	Aprendizagem Colaborativa para o ensino de química por meio da Robótica Educacional	Walex Fernandes Lima	UFG	
2016	Ambiente Colaborativo Gear: Compartilhando	Alessio Inacio Cagliari	Univ. Regional	

Dissertações		Projetos, Materiais e Conhecimento sobre Robótica Educacional Livre		Integrada Do Alto Uruguai e das Missões, RS
	2016	O uso da robótica educacional para a aprendizagem de grandezas e medidas	Luso Soares Madureira	UNIVERSIDADE CRUZEIRO DO SUL, São Paulo
	2016	Robótica educacional aplicada ao ensino de física	Roseli Fornaza	UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
	2016	Robótica Educacional: uma perspectiva de ensino e aprendizagem baseada no modelo construcionista	Leonardo Rocha Moreira	UNIVERSIDADE DE Fortaleza
	2016	Programação e robótica no ensino fundamental: aplicação no estudo de cinemática a partir de uma UEPS	Jordano Nunes Machado	UF Pampa - RS
	2016	Utilizando o Ciclo da Experiência de Kelly para analisar visões de ciência e tecnologia de licenciandos em Física quando utilizam a Robótica Educacional	João Paulo da Silva Santos	UFRPE
	2016	Robótica aplicada ao ensino de resistores	Geislana Padeti Ferreira	UTFPR
	2017	Uma estratégia utilizando robótica para o ensino dos conceitos de velocidade e aceleração escalares	Almir de Oliveira Costa Jr	IFAM
	2017	Robótica Educacional Livre: um relato de prática no Ensino Fundamental	Mariana Cardoso da Silva	PUC SP
	2017	Protótipo robótico de baixo custo utilizado como ferramenta para o ensino de Matemática	Manoel Sátiro Medeiros Neto	UEPB
	2017	Robótica nas aulas de Matemática: Uma perspectiva tecnológica associada ao ensino de funções	Ailton Diniz de Oliveira	UEPB
	2017	Robótica aplicada à educação: uma análise do pensar e fazer dos professores egressos do curso oferecido pelo município de João Pessoa - PB	Jéssica Ferreira S.da Silva	UEPB
	2017	Campeonatos de robótica na escola: constituição de um ambiente de aprendizagem	Brythnner Monteiro Delfino	UF Uberlândia
	2017	O Arduíno e a Aprendizagem de Física: um kit robótico para abordar conceitos e princípios do Movimento Uniforme	Márcio Roberto G. de Vazzi	UNESP
	Teses	2007	Robótica como interface da tomada de consciência da ação e do conhecimento do objeto através da metacognição como propulsora da produção do conhecimento	José Antônio Colvara Oliveira
2008		A exploração de modelos e os níveis de abstração nas construções criativas com robótica educacional	Daniel de Queiroz Lopes	UFRGS
2009		RoboEduc: uma metodologia de aprendizado com Robótica Educacional	Alzira Ferreira da Silva	UFRN
2009		Em busca de outras possibilidades pedagógicas: "trabalhando" com ciência e tecnologia".	Maria do Rosário P. de Santana	UFBA
2011		Currículo, Tecnologias e Robótica na Educação Básica	Flavio Rodrigues Campos	PUC / SP
2012		Plataforma robótica de baixíssimo custo para Robótica Educacional	Rafael Vital Aroca	UFRN
2013		Robótica Pedagógica Livre: uma alternativa metodológica para a emancipação sociodigital e a democratização do conhecimento	Danilo Rodrigues César	UFBA
2014		Contextualização no ensino de física à luz da teoria antropológica do didático: o caso da robótica educacional	Milton Thiago Schivani Alves	USP

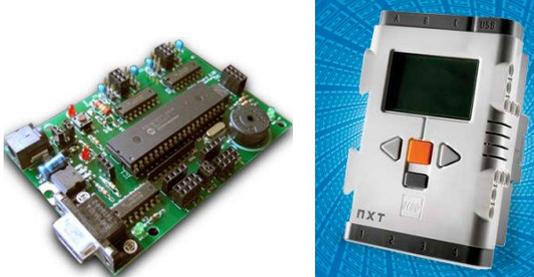
	2014	A utilização da Robótica Educacional com a plataforma Arduino: uma contribuição para o ensino de física	Ana Paula Giacomassi Luciano	UE de Maringá
	2016	Rede de aprendizagem em Robótica: uma perspectiva educativa de trabalho com jovens	Fernando da Costa Barbosa	UF Uberlândia
	2017	Uma metodologia de avaliação automática para aulas de robótica educacional	Carla da Costa Fernandes	UFRN
	2017	Ambiente colaborativo para ensino aprendizagem de programação integrando laboratório remoto de robótica	Máisa Soares dos S. Lopes	UFBA

APÊNDICE B – Trabalhos Internacionais publicados abordando a Robótica para o Ensino

TIPO	ANO	TÍTULO	AUTORES	PAÍS
Artigo	2008	Acquisition of Physics Content Knowledge and Scientific Inquiry Skills in a Robotics Summer Camp	Douglas C. Williams, Yuxin Ma, Louise Prejean, Guolin Lai e Mary Jane Ford	Estados Unidos
Artigo	2009	Robotics Projects and Learning Concepts in Science, Technology and Problem Solving	Moshe Barak e Yair Zadok	Israel
Artigo	2010	Tool for Experimenting with Concepts of Mobile Robotics as Applied to Children's Education	Edith Milena Jimenez Jojoa, Eduardo Caicedo Bravo e Eval Bladimir Bacca Cortes	Colômbia
Artigo	2010	Robotics Competitions: The Choice Is up to You!	Richard T. Johnson e Susan E. Londt	Egito
Artigo	2010	Characteristics of Learning Computer-Controlled Mechanisms by Teachers and Students in a Common Laboratory Environment	Evgeny Korchnoy e Igor M. Verner	Israel
Artigo	2010	Designing Effective Spaces, Tasks and Metrics for Communication in Second Life within the Context of Programming LEGO NXT Mindstorms™ Robots	Michael Vallance, Stewart Martin, Charles Wiz e Paul van Schaik	Japão
Artigo	2011	Educational Robotics— Primary and Secondary Education	Damien Kee	Estados Unidos
Artigo	2011	Teaching of robotics and control jointly in the University and in the high school based on LEGO Mindstorms NXT	Sergey A. Filippov, Alexander L. Fradkov e Boris Andrievsky	Rússia
Artigo	2012	A LEGO Mindstorms NXT Approach for Teaching at Data Acquisition, Control Systems Engineering and Real-Time Systems Undergraduate Courses	A. Cruz-Martin, J.A. Fernandez-Madrigal, C. Galindo, J.Gonzalez-Jimenez, C. Stockmans-Daou e J.L. Blanco-Claraco	Espanha
Artigo	2012	Lego Robotics: STEM Sport of the Mind	Mark Gura	Estados Unidos
Artigo	2012	Educational Robotics Theories and Practice: Tips for how to do it Right	Amy Eguchi	Estados Unidos
Artigo	2013	Experiences in Developing an Experimental Robotics Course Program for Undergraduate Education	Seul Jung	Coreia do Sul
Artigo	2013	LEARNING APPROACHES TO APPLYING ROBOTICS IN SCIENCE EDUCATION	Heilo Altin e Margus Pedaste	Estonia
Artigo	2013	Educational Robotics: Open Questions and New Challenges	Dimitri Alimisis	Grécia
Artigo	2013	Educational Robotics as Mindtools	Tassos A. Mikropoulos e Ioanna Bellou	Grécia
Artigo	2013	Robotics Intrigue Middle School Students and Build STEM Skills	Grubbs, Michael	Inglaterra
Artigo	2013	Learning to explain: the role of educational robots in science education	Edoardo Datteri, Luisa Zecca, Federico Laudisa e Marco Castiglioni	Itália
Artigo	2013	Master's in Autonomous Systems: An Overview of the Robotics Curriculum and Outcomes at ISEP, Portugal	José Almeida, Eduardo Silva, Alfredo Martins, João Paulo Baptista e Betina Campos Neves	Portugal
Artigo	2014	Robotics as a Learning Tool for Educational Transformation	Amy Eguchi	Estados Unidos
Artigo	2014	Impact of Using an Educational Robot-Based Learning System on Students' Motivation in Elementary Education	Kai-Yi Chin, Zeng-Wei Hong e Yen-Lin Chen	Taiwan
Artigo	2015	Enacting Acts of Authentication in a Robotics Competition: An Interpretivist Study	Geeta Verma, Anton Puvirajah e Horace Webb	Estados Unidos
Artigo	2015	Against All Odds: Problem-Solving Strategies and Behavioural Characteristics of Novice Students	Pei-Fen Chang e Miao-Chen Lin	Taiwan
Artigo	2016	Design and Evaluation of a DIY Construction System for Educational Robot Kits	Cesar Vandeveld, Francis Wyffels, Maria-Cristina Ciocci, Bram Vanderborgh e Jelle Saldien	Bélgica

Artigo	2016	An Experimental Study on the Learning Outcome of Teaching Elementary Level Children using Lego Mindstorms EV3 Robotics Education Kit	Vidushi Chaudhary, Vishnu Agrawal e Ashish Sureka	India
Artigo	2016	A Review on the Use of Robots in Education and Young Children	Lai Poh Emily Toh, Albert Causo, Pei-Wen Tzuo, I-Ming Chen e Song Huat Yeo	Singapura
Artigo	2017	Ideas Del Alumnado Sobre Robótica Y Programación En 3.º De La Eso	Leandro López González e Antonio De Pro Bueno	Espanha
Artigo	2017	"Some Explanation Here": A Case Study of Learning Opportunities and Tensions in an Informal Science Learning Environment	Olivia G. Stewart e Michelle E. Jordan	Estados Unidos
Artigo	2017	Dispositivo para medir tiempo y temperatura usando um microcontrolador	German Calderon, José Herman Munoz e Javier Yovany Rivera	México
Artigo	2017	Robótica Educativa para enseñanza de las ciencias	Víctor Hugo Mancilla García, Rebeca Eugenia Aguilar Duron, José Gabriel Aguilera González, Katia Subías Aguirre, Alejandra Ramírez Ramos	México
Dissertação	012	Object Classification using LEGO Mindstorms NXT and MATLAB	Espen Hatlestad	Noruega
Dissertação	2013	An investigation of the impact of LEGO® robotics on the learning of scientific and mathematical concepts at primary level	Carla Dawn Maxwell	Austrália
Dissertação	2015	ITS using LEGO Mindstorm	Kristian M Overskeid	Noruega
Tese	2010	Ordered Effects of Technology Education Units on Higher-Order Critical Thinking Skills of Middle School Students	Kern D. Mojica	Estados Unidos
Tese	2010	Developing Technological Fluency through Creative Robotics	Debra Lynn Bernstein	Estados Unidos
Tese	2010	Fifth Grade Students' Understanding of Ratio and Proportion in an Engineering Robotics Program	Araceli Martinez Ortiz	Estados Unidos
Tese	2011	The Malleability of Spatial Ability under Treatment of a FIRST LEGO League-Based Robotics Unit	Steven Vincent Coxon	Estados Unidos
Tese	2012	Development and Validation of a Low Cost, Flexible, Open Source Robot for Use as a Teaching and Research Tool across the Educational Spectrum	Abraham L. Howell	Estados Unidos
Tese	2013	Influences on Visual Spatial Rotation: Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Experiences, Age, and Gender	Paula Christine Perry	Estados Unidos
Tese	2014	How Robotics Programs Influence Young Women's Career Choices: A Grounded Theory Model	Cecilia Dosh-Bluhm Craig	Estados Unidos
Tese	2017	Evaluating Intention to Use Remote Robotics Experimentation in Programming Courses	Pericles L. Cheng	Chipre
Tese	2017	Elementary Educators' Attitudes about the Utility of Educational Robotics and Their Ability and Intent to Use It with Students	Todd I. Ensign	Estados Unidos

APÊNDICE C – Itens que compõem um Kit de Robótica Educacional

Item	Descrição	Exemplos
Processador	Parte central de um robô, dotada de um microprocessador e memória para execução das programações. Alguns kits utilizam o computador como meio de processamento e uma placa de interface de comunicação e acionamento dos dispositivos de saída e entrada.	
Sensores	Componentes responsáveis por detectar sinais de entrada. Os sensores mais comuns são os de toque, rotação, som, ultrassom, luz, cor e captura de imagens.	
Atuadores	Componentes responsáveis pelo movimento de translação ou de rotação. Podem ser motores de diversos tipos, como mecânicos, elétricos, hidráulicos ou pneumáticos. Os atuadores podem realizar giros com precisão de ângulos desejados.	
Engrenagens	Elementos mecânicos compostos de rodas dentadas. As engrenagens devem vir com tamanhos diferentes para permitir a transmissão de movimento com controle de força e velocidade.	
Cabeamento	Os kits de Robótica devem conter cabos e fios que servirão para transmitir sinais entre o controlador, os sensores e os atuadores, e também para a alimentação desses componentes.	
Eixos	Peças que interligam um motor a engrenagens ou rodas.	

<p>Fonte de energia</p>	<p>Elemento responsável pela alimentação do microcontrolador e dos demais componentes eletrônicos. As fontes de energia poderão ser um conjunto de pilhas, bateria e/ou gerador tipo eliminador de pilha (Fonte DC).</p>	
<p>Peças de encaixes e conectores</p>	<p>Conjunto de peças de tamanho, formato e cores diversas, e em alguns casos rodas, parafusos, e placas. Serve como base para sustentar o controlador, sensores, atuadores, eixos e engrenagens.</p>	
<p>Software de controle</p>	<p>Ferramenta que permite, ao usuário, controlar e programar a ação dos dispositivos acionadores e definir rotinas de programação ao receber alterações na leitura dos sensores.</p>	
<p>Material Didático</p>	<p>Conjunto de sugestões de plano de ensino e/ou guias de orientações para montagens de projetos de Robótica.</p>	

Fonte: (LIMA, 2012).

APÊNDICE D - Questionário de Coleta das Experiências de Ensino dos Professores de Física

Prezado(a) professor(a):

As questões abaixo têm o objetivo de conhecer a sua percepção acerca dos problemas e dificuldades no ensino da Física em relação a alguns conceitos físicos e fenômenos estudados, assim como suas alternativas didáticas para reduzir as dificuldades do estudo. Sua colaboração, ao responder, será muito importante para o aprimoramento e busca de elementos para a construção de sequências didáticas da pesquisa em curso.

Nome: Gênero: Masculino
 Feminino

Faixa Etária: 20 a 25 anos 26 a 30 anos 31 a 35 anos 36 a 40 anos
 41 a 45 anos 46 a 50 anos 51 a 55 anos 56 a 60 anos

Experiência em Ensino de Física: anos.

Formação Acadêmica:	Curso	Ano de Conclusão
GRADUAÇÃO		
ESPECIALIZAÇÃO		
MESTRADO		
DOUTORADO		

Atuação Docente no Ensino de Física: anos na rede *Privada* de Ensino. anos na rede *Pública* de Ensino.

SOBRE O ESTUDO DE ENCONTRO DE CORPOS

1. Descreva resumidamente qual a sua dinâmica adotada para abordar o Estudo do Encontro de Corpos em Movimento.
2. Quais as principais dificuldades apresentadas pelos estudantes na Resolução de Questões envolvendo problemas com Encontro de Corpos?
3. Quais as estratégias possíveis adotadas pelos estudantes para resolução de problemas de Encontro de Corpos?

Dois carros estão sobre a mesma trajetória, logo com mesma direção, porém, com sentidos opostos e velocidades de 10m/s e 25m/s respectivamente. Encontre o instante de encontro entre os móveis A e B.



4. Quais os conteúdos curriculares envolvidos no estudo do fenômeno de Encontro de Corpos?

MUITO OBRIGADO PELA SUA PARTICIPAÇÃO!

**APÊNDICE E - Ficha de Registro da Observação – Sequência de ensino:
Encontro de Corpos – Carro A**

Roteiro n.º .

UTILIZAÇÃO DA ROBÓTICA NA SOLUÇÃO DE DESAFIOS

Doutorado em Ensino das Ciências e Matemática /UFRPE

Pesquisador: José Roberto Tavares de Lima

Data: ____ / ____ / 2018. Hora: ____ : ____

ROTEIRO DE OBSERVAÇÃO E ANÁLISE

1. Identificação dos Integrantes do Grupo de Montagem – CARRO A

	Nome:	Idade	Nível de escolaridade
01.			
02.			
03.			
04			

2. Vídeo de inspiração.

Assista ao vídeo selecionado a fim de ilustrar o fenômeno de Encontro de Corpos.

3. Desafio.

Cada grupo deverá construir um robô carro com velocidade constante a partir de peças do kit de Robótica Lego Mindstorms. Após o seu grupo montar o seu carro e levantar algumas grandezas físicas do movimento, haverá uma atividade em conjunto com o outro grupo para simular uma situação física de Encontro de Corpos para determinação de sua posição e instante do Encontro.

4. Montagem do Carro A.

Hora: ____ : ____

Utilize o guia complementar de montagem e programe seu carro com potência nos motores de 40%.

5. Após a montagem.

Hora: ____ : ____

QUESTÃO 1: Com o carro construído e a programação indicada, coloque o seu carro na pista (com a fita métrica de espaços) na posição 0 (Marco Zero) e registre os tempos decorridos para o carro ocupar as posições indicadas e preencha a tabela abaixo, calculando a velocidade média para cada trecho:

Espaço (cm)	0	30	60	90	120
Tempo (s) 1ª Leitura	0				
Tempo (s) 2ª Leitura	0				
Tempo (s) 3ª Leitura	0				
Velocidade Média (cm/s)	****				

QUESTÃO 2: De acordo com os dados obtidos na tabela anterior, seria correto afirmar que o robô se encontra em Movimento Uniforme (M.U.)? Justifique.

6. Determinação do Instante de Encontro entre os Corpos.

Método Experimental:

Hora: ____ : ____

Em **conjunto com a outra equipe**, posicionem o carro A na posição 0 (Marco Zero) na primeira pista (com a fita métrica de espaços) e o carro B na posição 100cm na pista paralela com sentido oposto ao outro carro. Encontre o instante e a posição de encontro dos corpos utilizando o método experimental com o auxílio do cronômetro e fruto das suas percepções de leituras visuais.

INSTANTE DE ENCONTRO: s.

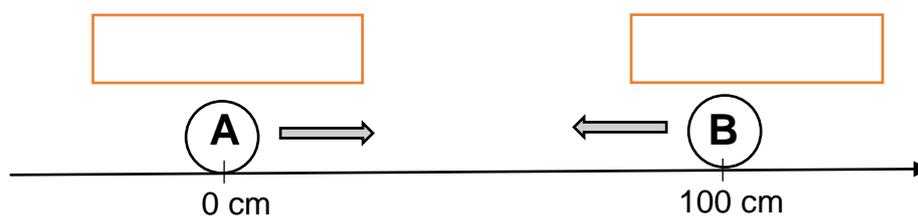
POSIÇÃO DE ENCONTRO: cm.

7. Determinação do Instante de Encontro entre os Corpos

Método Físico e Matemático:

Hora: ____ : ____

Utilize métodos e estratégias matemáticas e/ou físicas para determinação do instante e da posição de Encontro dos Carros a partir dos dados iniciais obtidos. Registre no espaço abaixo as diversas estratégias que permita obter os resultados pretendidos.



REGISTRE INICIALMENTE SUAS IDEIAS E HIPÓTESES PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA PROPOSTO:

RESOLUÇÃO DO DESAFIO:

8. Determinação do Instante de Encontro entre os Corpos

Desafio Extra:

Hora: ____ : ____

Em **conjunto com a outra equipe**, posicionem o carro B na posição 0 (Marco Zero) na primeira pista (com a fita métrica de espaços) e o carro A na posição 30cm na pista paralela com os mesmos sentidos. Encontre o instante e a posição de encontro dos corpos.

INSTANTE DE ENCONTRO: s.

POSIÇÃO DE ENCONTRO: cm.

**APÊNDICE F - Ficha de Registro da Observação – Sequência de ensino:
Encontro de Corpos – Carro B**

Roteiro n.º .

UTILIZAÇÃO DA ROBÓTICA NA SOLUÇÃO DE DESAFIOS

Doutorado em Ensino das Ciências e Matemática /UFRPE

Pesquisador: José Roberto Tavares de Lima

Data: ____ / ____ / 2018. Hora: ____ : ____

ROTEIRO DE OBSERVAÇÃO E ANÁLISE

1. Identificação dos Integrantes do Grupo de Montagem – CARRO B

	Nome:	Idade	Nível de escolaridade
01.			
02.			
03.			
04.			

2. Vídeo de inspiração.

Assista ao vídeo selecionado a fim de ilustrar o fenômeno de Encontro de Corpos.

3. Desafio.

Cada grupo deverá construir um robô carro com velocidade constante a partir de peças do kit de Robótica Lego Mindstorms. Após o seu grupo montar o seu carro e levantar algumas grandezas físicas do movimento, haverá uma atividade em conjunto com o outro grupo para simular uma situação física de Encontro de Corpos para determinação de sua posição e instante do Encontro.

4. Montagem do Carro B.

Hora: ____ : ____

Utilize o guia complementar de montagem e programe seu carro com potência nos motores de 60%.

5. Após a montagem.

Hora: ____ : ____

QUESTÃO 1: Com o carro construído e a programação indicada, coloque o seu carro na pista (com a fita métrica de espaços) na posição 0 (Marco Zero) e registre os tempos decorridos para o carro ocupar as posições indicadas e preencha a tabela abaixo, calculando a velocidade média para cada trecho:

Espaço (cm)	0	30	60	90	120
Tempo (s) 1ª Leitura	0				
Tempo (s) 2ª Leitura	0				
Tempo (s) 3ª Leitura	0				
Velocidade Média (cm/s)	****				

QUESTÃO 2: De acordo com os dados obtidos na tabela anterior, seria correto afirmar que o robô se encontra em Movimento Uniforme (M.U.)? Justifique.

6. Determinação do Instante de Encontro entre os Corpos.

Método Experimental:

Hora: ___ : ___

Em **conjunto com a outra equipe**, posicionem o carro A na posição 0 (Marco Zero) na primeira pista (com a fita métrica de espaços) e o carro B na posição 100cm na pista paralela com sentido oposto ao outro carro. Encontre o instante e a posição de encontro dos corpos utilizando o método experimental com o auxílio do cronômetro e fruto das suas percepções de leituras visuais.

INSTANTE DE ENCONTRO: s.

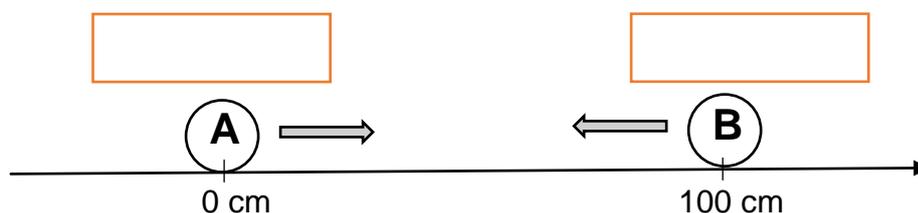
POSIÇÃO DE ENCONTRO: cm.

7. Determinação do Instante de Encontro entre os Corpos

Método Físico e Matemático:

Hora: ___ : ___

Utilize métodos e estratégias matemáticas e/ou físicas para determinação do instante e da posição de Encontro dos Carros a partir dos dados iniciais obtidos. Registre no espaço abaixo as diversas estratégias que permita obter os resultados pretendidos.



REGISTRE INICIALMENTE SUAS IDEIAS E HIPÓTESES PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA PROPOSTO:

RESOLUÇÃO DO DESAFIO:

8. Determinação do Instante de Encontro entre os Corpos

Desafio Extra:

Hora: ___ : ___

Em **conjunto com a outra equipe**, posicionem o carro B na posição 0 (Marco Zero) na primeira pista (com a fita métrica de espaços) e o carro A na posição 30cm na pista paralela com os mesmos sentidos. Encontre o instante e a posição de encontro dos corpos.

INSTANTE DE ENCONTRO: s.

POSIÇÃO DE ENCONTRO: cm.

APÊNDICE G - Teste diagnóstico de coleta de dados apresentadas no estudo de Encontro de Corpos.

Prezado(a) estudante:

As questões abaixo têm o objetivo de reconhecer saberes construídos e dificuldades no estudo da Física. Sua colaboração, ao responder, será muito importante para o aprimoramento e busca de elementos para a construção de sequências didáticas da pesquisa em curso.

Nome: Gênero: Masculino

Feminino

Idade: anos

Série / Período:

Ensino: Médio

Superior

Escola / Instituição de Ensino:

1. Defina o que é um Movimento Uniforme (M.U.) e descreva as suas características.

2. Observe a tabela abaixo e responda:

Sendo S_1 o espaço ocupado pelo carro 1, S_2 pelo carro 2 e S_3 pelo carro 3 e S_4 o ocupado pelo carro 4 em cada instante:

S_1 (m)	1	4	9	16	25	36	49	64	81
S_2 (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45
S_3 (m)	8	8	8	8	8	8	8	8	8
S_4 (m)	18	16	14	12	10	8	6	4	2
t (s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Identifique qual(is) o(s) carro(s) que descreve(m) movimento uniforme? Justifique

A campanha 'It Can Wait' da AT&T tenta restringir o ato de digitar enquanto se dirige

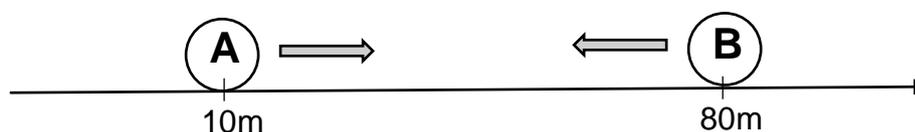
Cem mil acidentes de carro acontecem todo ano pois o motorista está digitando atrás do volante. De acordo com a recente pesquisa da AT&T, 97% dos adolescentes sabem que digitar enquanto dirigem é perigoso; ainda assim, 75% dizem que a prática ainda é comum entre seus amigos.

Fonte: Disponível em: <<http://mashable.com>> (adaptada). Acesso em: 8 out. 2016.

3. Digitar enquanto se dirige é algo muito perigoso e pode causar acidentes gravíssimos, isso é a mensagem que a campanha It Can Wait da operadora americana AT&T promove. Mesmo com a campanha que ficou bastante famosa nos Estados Unidos, muitas pessoas continuam a praticar esse ato que pode terminar em tragédia. Walter é um taxista em Nova Iorque, e passa o dia

inteiro no trânsito caótico da cosmopolita metrópole. Durante seu horário de trabalho, às vezes, conversa com seus amigos por meio de um aplicativo de mensagens. Durante uma dessas conversas, o motorista não viu para onde estava indo e acabou por se chocar em um poste de luz. Sabendo que o carro do taxista inicialmente se encontrava a 6000 cm do poste e que até o choque entre o veículo e o poste decorreram 4 segundos, determine a velocidade, expressa em km/h, que o carro desenvolvia, dado que esse se movia em M.U.

4. Dois carros estão sobre a mesma trajetória, logo com mesma direção, porém, com sentidos opostos e velocidades de 10m/s e 25m/s respectivamente. Encontre o instante de encontro entre os móveis A e B.



5. Dois carros A e B encontram-se sobre uma mesma pista dupla retilínea cada um em faixas paralelas com velocidade constante os quais possuem suas funções horárias de espaço expressas através das seguintes equações: $S_A = 200 + 60.t$ e $S_B = 100 + 40.t$. Com base nessas informações, determine o instante em que o corpo A ultrapassa o corpo B.
6. Dois carros em M.U. se encontram em uma rodovia, andando no mesmo sentido. O motorista do carro B, com velocidade de 12 m/s, está a 200m atrás do carro A. O carro A se desloca com velocidade de 8m/s. Determine o instante do encontro, e a distância que esse fato ocorre em relação ao ponto inicial de A.

MUITO OBRIGADO PELA SUA PARTICIPAÇÃO!

APÊNDICE H - Teste de coleta de dados após a vivência da sequência de ensino experimental no estudo de Encontro de Corpos.

Prezado(a) estudante:

As questões abaixo têm o objetivo de reconhecer saberes construídos e dificuldades no estudo da Física. Sua colaboração, ao responder, será muito importante para o aprimoramento e busca de elementos para a construção de sequências didáticas da pesquisa em curso.

Nome: Gênero: Masculino
 Feminino

Idade: anos Série / Período: Ensino: Médio
 Superior

Escola / Instituição de Ensino:

1. Defina o que é um Movimento Uniforme (M.U.) e descreva as suas características.

2. Observe a tabela abaixo e responda:

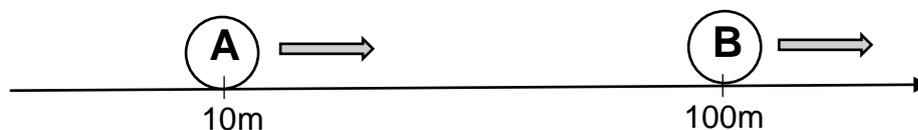
Sendo S_1 o espaço ocupado pelo carro 1, S_2 pelo carro 2 e S_3 pelo carro 3 e S_4 o ocupado pelo carro 4 em cada instante:

S_1 (m)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
S_2 (m)	-5	-2	1	4	7	10	13	16	19
S_3 (m)	40	30	25	20	15	5	0	-10	-20
S_4 (m)	12	10	8	6	4	2	0	-2	-4
t (s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Identifique qual(is) o(s) carro(s) que descreve(m) movimento uniforme? Justifique

3. Na atualidade, o Cosplay vem ganhando seu espaço. Esse termo representa um hobby onde os participantes se fantasiam de personagens fictícios, os interpretando e muitas vezes fazendo performances como tais personagens. É muito comum que diversos filmes tenham seus componentes representados pelos cosplayers. Sabendo-se que um cosplayer de Darth Vader inicialmente se encontrava a 0,008 Km de um palco onde iria se apresentar e que até esse passar pela multidão, que estava lá para assisti-lo, e chegar ao seu objetivo decorreram 4 segundos, qual a velocidade, expressa em km/h, que o homem desenvolveu, dado que esse se movia em M.U.?

4. Dois carros estão sobre a mesma trajetória, logo com mesma direção e com mesmo sentidos e velocidades de 25m/s e 10m/s respectivamente. Encontre o instante de encontro entre os móveis A e B.



5. Dois carros A e B encontram-se sobre uma mesma pista dupla retilínea cada um em faixas paralelas com velocidade constante os quais possuem suas funções horárias de espaço expressas através das seguintes equações: $S_A = 100 + 20.t$ e $S_B = 200 + 40.t$. Com base nessas informações, determine o instante em que o corpo A ultrapassa o corpo B.
6. Dois carros em M.U. se encontram em uma rodovia, andando em sentidos contrários. O motorista do carro B está bêbado, e acaba invadindo a pista contrária, com velocidade de 8 m/s. Na mesma pista, andando no sentido correto, o carro A se desloca com 12m/s. No instante inicial $t=0s$, 200m separam os dois móveis. Determine o instante do encontro, e a distância que esse fato ocorre em relação ao ponto inicial de A.

MUITO OBRIGADO PELA SUA PARTICIPAÇÃO!

APÊNDICE I - Relatório Devolutivo Individual.

Prezado(a) estudante:

Nome do Sujeito participante 33 - 1º Ano do Ensino Médio, turma B

Inicialmente agradecemos pela sua participação em todas as Etapas da pesquisa realizada pelo Professor e Pesquisador José Roberto Tavares de Lima em sua investigação sobre o título: ROBÓTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA: CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA PARA A ESTRUTURAÇÃO DE SEQUÊNCIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM.

Após a análise de suas respostas tanto no primeiro teste, denominado de Teste Diagnóstico, e do segundo teste, chamado de Teste de Avaliação Final, produzimos este Relatório Devolutivo com o objetivo de lhe dar retorno de suas construções e servir como um parecer sobre nossas percepções a respeito de dificuldades e obstáculos verificados, assim como lacunas de aprendizagens que podem apontar algumas necessidades de investimentos de sua parte na busca de melhoramentos em suas aprendizagens principalmente referente ao conteúdo de Encontro de Corpos.

RESULTADOS GLOBAIS

Contabilizamos o tempo em que cada estudante dedicou sua atenção na resolução dos testes. E você utilizou 19 minutos, obtendo 75 % de acertos no Teste Diagnóstico e 14 minutos, obtendo 83 % de acertos no segundo teste, o Teste de Avaliação Final.

RESULTADOS POR QUESTÕES

QUESTÃO 1

Enunciado: Defina o que é um Movimento Uniforme (M.U.) e descreva as suas características.

Objetivo da Questão: Identificar se o estudante conseguia definir corretamente, com as suas palavras, o conceito do Movimento Uniforme.

Seu desempenho: Você no Teste Diagnóstico **conseguiu** definir corretamente, enquanto no Teste da Avaliação Final **conseguiu** definir corretamente.

QUESTÃO 2

Enunciado do Teste Diagnóstico: Observe a tabela abaixo e responda:

Sendo S1 o espaço ocupado pelo carro 1, S2 pelo carro 2 e S3 pelo carro 3 e S4 o ocupado pelo carro 4 em cada instante:

S ₁ (m)	1	4	9	16	25	36	49	64	81
S ₂ (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45
S ₃ (m)	8	8	8	8	8	8	8	8	8
S ₄ (m)	18	16	14	12	10	8	6	4	2
t (s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Identifique qual(is) o(s) carro(s) que descreve(m) movimento uniforme?

Enunciado do Teste Final: Mesmo enunciado com a tabela abaixo:

S ₁ (m)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
S ₂ (m)	-5	-2	1	4	7	10	13	16	19
S ₃ (m)	40	30	25	20	15	5	0	-10	-20
S ₄ (m)	12	10	8	6	4	2	0	-2	-4
t (s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Objetivo da Questão: Identificar a partir dos dados da tabela de posição versus tempo aqueles que representavam Movimento Uniforme (apenas 2 casos). Existia um dos movimentos com dados da posição com valor constante, o que representa uma situação de Repouso (alguns alunos chegam a confundir a constância do Espaço com velocidade constante).

Seu desempenho: Você no Teste Diagnóstico **não conseguiu** identificar os 2 casos de Movimento Uniforme e se confundiu julgando a situação do Repouso como sendo um Movimento Uniforme, enquanto no Teste Final você **conseguiu**.

QUESTÃO 3

Enunciado do Teste Diagnóstico: Digitar enquanto se dirige é algo muito perigoso e pode causar acidentes gravíssimos, isso é a mensagem que a campanha It Can Wait da operadora americana AT&T promove. Mesmo com a campanha que ficou bastante famosa nos Estados Unidos, muitas pessoas continuam a praticar esse ato que pode terminar em tragédia. Walter é um taxista em Nova Iorque, e passa o dia inteiro no trânsito caótico da cosmopolita metrópole. Durante seu horário de trabalho, às vezes, conversa com seus amigos por meio de um aplicativo de mensagens. Durante uma dessas conversas, o motorista não viu para onde estava indo e acabou por se chocar em um poste de luz. Sabendo que o carro do taxista inicialmente se encontrava a 6000 cm do poste e que até o choque entre o veículo e o poste decorreram 4 segundos, determine a velocidade, expressa em km/h, que o carro desenvolvia, dado que esse se movia em M.U.

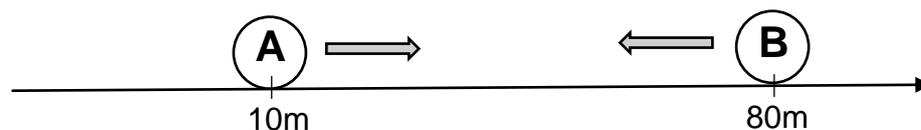
Enunciado do Teste Final: Na atualidade, o Cosplay vem ganhando seu espaço. Esse termo representa um hobby onde os participantes se fantasiam de personagens fictícios, os interpretando e muitas vezes fazendo performances como tais personagens. É muito comum que diversos filmes tenham seus componentes representados pelos cosplayers. Sabendo-se que um cosplayer de Darth Vader inicialmente se encontrava a 0,008 Km de um palco onde iria se apresentar e que até esse passar pela multidão, que estava lá para assisti-lo, e chegar ao seu objetivo decorreram 4 segundos, qual a velocidade, expressa em km/h, que o homem desenvolveu, dado que esse se movia em M.U.?

Objetivo da Questão: Buscar a determinação da velocidade média e a transformação da velocidade para km/h.

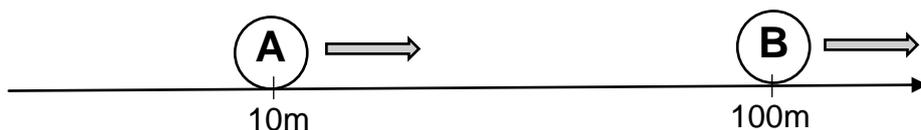
Seu desempenho: Você no Teste Diagnóstico **conseguiu** determinar corretamente a velocidade, enquanto no Teste Final você **não conseguiu** pois errou em operações de transformações de unidades de medidas.

QUESTÃO 4

Enunciado do Teste Diagnóstico: Dois carros estão sobre a mesma trajetória, logo com mesma direção, porém, com sentidos opostos e velocidades de 10m/s e 25m/s respectivamente. Encontre o instante de encontro entre os móveis A e B.



Enunciado do Teste Final: Dois carros estão sobre a mesma trajetória, logo com mesma direção e com mesmo sentidos e velocidades de 25m/s e 10m/s respectivamente. Encontre o instante de encontro entre os móveis A e B.



Objetivo da Questão: Reconhecer a Estratégia utilizada para solução do problema, assim como a determinação do instante de encontro dos corpos.

Seu desempenho: Teste Diagnóstico: Acertou a questão e utilizou a Estratégia de (Igualar as Equações Horárias de Espaço dos corpos) para resolver o problema e utilizou adequadamente a atribuição do sinal negativo para a velocidade do corpo B. Teste Final: Acertou a questão e utilizou a Estratégia de (Igualar as Equações Horárias de Espaço dos corpos) para resolver o problema.

QUESTÃO 5

Enunciado do Teste Diagnóstico: Dois carros A e B encontram-se sobre uma mesma pista dupla retilínea cada um em faixas paralelas com velocidade constante os quais possuem suas funções horárias de espaço expressas através das seguintes equações: $S_A = 200 + 60.t$ e $S_B = 100 + 40.t$. Com base nessas informações, determine o instante em que o corpo A ultrapassa o corpo B.

Enunciado do Teste Final: Dois carros A e B encontram-se sobre uma mesma pista dupla retilínea cada um em faixas paralelas com velocidade constante os quais possuem suas funções horárias de espaço expressas através das seguintes equações: $S_A = 100 + 20.t$ e $S_B = 200 + 40.t$. Com base nessas informações, determine o instante em que o corpo A ultrapassa o corpo B.

Objetivo da Questão: Colocamos uma situação em que, diante das condições iniciais, o corpo A nunca ultrapassaria o corpo B pois este já estava na frente e mais rápido que o corpo B. Esperava-se que o estudante respondesse que não haveria encontro nem ultrapassagem. Caso utilizasse a estratégia de igualar as equações horárias e encontrando um instante negativo, deveria interpretar o significado do valor de tempo negativo e reconhecesse que não haveria ultrapassagem.

Seu desempenho: Você, no Teste Diagnóstico, **não conseguiu** determinar que não irá acontecer a ultrapassagem utilizando-se da Estratégia de (Induzir as posições dos corpos a cada tempo até coincidir os espaços), demonstrando não saber o significado do tempo de encontro negativo. Enquanto no Teste Final, você **não conseguiu** determinar que não irá acontecer a ultrapassagem utilizando-se da Estratégia de (Igualar as Equações Horárias de Espaço dos corpos).

QUESTÃO 6

Enunciado do Teste Diagnóstico: Dois carros em M.U. se encontram em uma rodovia, andando no mesmo sentido. O motorista do carro B, com velocidade de 12 m/s, está a 200m atrás do carro A. O carro A se desloca com velocidade de 8m/s. Determine o instante do encontro, e a distância que esse fato ocorre em relação ao ponto inicial de A.

Enunciado do Teste Final: Dois carros em M.U. se encontram em uma rodovia, andando em sentidos contrários. O motorista do carro B está bêbado, e acaba invadindo a pista contrária, com velocidade de 8 m/s. Na mesma pista, andando no sentido correto, o carro A se desloca com 12m/s. No instante inicial $t = 0s$, 200m separam os dois móveis. Determine o instante do encontro, e a distância que esse fato ocorre em relação ao ponto inicial de A.

Objetivo da Questão: Reconhecer a Estratégia utilizada para solução do problema, assim como a determinação do instante de encontro dos corpos.

Seu desempenho: Teste Diagnóstico: Acertou a questão e utilizou a Estratégia de (Igualar as Equações Horárias de Espaço dos corpos) para resolver o problema.
Teste Final: Acertou a questão e utilizou a Estratégia de (Igualar as Equações Horárias de Espaço dos corpos) para resolver o problema e utilizou adequadamente a atribuição do sinal negativo para a velocidade do corpo B.

APÊNDICE J - Relatório Devolutivo Coletivo.

Prezado Professor:

Inicialmente agradecemos pela sua participação na pesquisa realizada pelo Professor e Pesquisador José Roberto Tavares de Lima em sua investigação sobre o título: ROBOTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA: CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA PARA A ESTRUTURAÇÃO DE SEQUÊNCIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM.

Após a análise das respostas dos seus estudantes tanto no primeiro teste, denominado de Teste Diagnóstico, e do segundo teste, chamado de Teste de Avaliação Final, produzimos este Relatório Devolutivo com o objetivo de lhe dar retorno e servir como parecer sobre nossas percepções a respeito de dificuldades e obstáculos verificados, assim como lacunas de aprendizagens dos estudantes que podem apontar algumas necessidades de investimentos e retrabalho docente com o objetivo de superar estes obstáculos em suas aprendizagens principalmente referente ao conteúdo de Encontro de Corpos em Movimento Uniforme.

RESULTADOS GLOBAIS

Percentuais de Acertos	Teste Diagnóstico	Teste de Avaliação Final
Geral	44,87 %	59,26 %
Turma A	44,16 %	53,52 %
Turma B	49,70 %	69,74 %
Turma C	41,14 %	55,66 %

RESULTADOS POR QUESTÕES

QUESTÃO 1

Enunciado: Defina o que é um Movimento Uniforme (M.U.) e descreva as suas características.

Objetivo da Questão: Identificar se o estudante conseguia definir corretamente, com as suas palavras, o conceito do Movimento Uniforme.

	Percentuais de Acertos	Teste Diagnóstico	Teste de Avaliação Final
Desempenhos:	Geral	59,8%	73,6%
	Turma A	67,7%	74,2%
	Turma B	63,0%	85,2%
	Turma C	48,3%	62,1%

QUESTÃO 2**Enunciado do**

Observe a tabela abaixo e responda:

Teste

Sendo S1 o espaço ocupado pelo carro 1, S2 pelo carro 2 e S3 pelo carro 3 e S4 o espaço ocupado pelo carro 4 em cada instante:

Diagnóstico:

S ₁ (m)	1	4	9	16	25	36	49	64	81
S ₂ (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45
S ₃ (m)	8	8	8	8	8	8	8	8	8
S ₄ (m)	18	16	14	12	10	8	6	4	2
t (s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Identifique qual(is) o(s) carro(s) que descreve(m) movimento uniforme?
Justifique

Enunciado do

Mesmo enunciado com a tabela abaixo:

Teste de**Avaliação Final:**

S ₁ (m)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
S ₂ (m)	-5	-2	1	4	7	10	13	16	19
S ₃ (m)	40	30	25	20	15	5	0	-10	-20
S ₄ (m)	12	10	8	6	4	2	0	-2	-4
t (s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Objetivo da**Questão:**

Identificar a partir dos dados da tabela de posição versus tempo aqueles que representavam Movimento Uniforme (apenas 2 casos). Existia um dos movimentos com dados da posição com valor constante, o que representa uma situação de Repouso (alguns alunos chegam a confundir a constância do Espaço com velocidade constante).

Desempenhos:

Percentuais de Acertos	Teste Diagnóstico	Teste de Avaliação Final
Geral	59,8%	73,6%
Turma A	67,7%	74,2%
Turma B	63,0%	85,2%
Turma C	48,3%	62,1%
Percentuais de estudantes que confundiram o Repouso com Movimento Uniforme	Teste Diagnóstico	Teste de Avaliação Final
Geral	40,2%	49,4%
Turma A	25,8%	64,5%
Turma B	37,0%	48,1%
Turma C	58,6%	34,5%

QUESTÃO 3

Enunciado do Teste Diagnóstico: Digitar enquanto se dirige é algo muito perigoso e pode causar acidentes gravíssimos, isso é a mensagem que a campanha It Can Wait da operadora americana AT&T promove. Mesmo com a campanha que ficou bastante famosa nos Estados Unidos, muitas pessoas continuam a praticar esse ato que pode terminar em tragédia. Walter é um taxista em Nova Iorque, e passa o dia inteiro no trânsito caótico da cosmopolita metrópole. Durante seu horário de trabalho, às vezes, conversa com seus amigos por meio de um aplicativo de mensagens. Durante uma dessas conversas, o motorista não viu para onde estava indo e acabou por se chocar em um poste de luz. Sabendo que o carro do taxista inicialmente se encontrava a 6000 cm do poste e que até o choque entre o veículo e o poste decorreram 4 segundos, determine a velocidade, expressa em km/h, que o carro desenvolvia, dado que esse se movia em M.U.

Enunciado do Teste de Avaliação Final: Na atualidade, o Cosplay vem ganhando seu espaço. Esse termo representa um hobby onde os participantes se fantasiam de personagens fictícios, os interpretando e muitas vezes fazendo performances como tais personagens. É muito comum que diversos filmes tenham seus componentes representados pelos cosplayers. Sabendo-se que um cosplayer de Darth Vader inicialmente se encontrava a 0,008 Km de um palco onde iria se apresentar e que até esse passar pela multidão, que estava lá para assisti-lo, e chegar ao seu objetivo decorreram 4 segundos, qual a velocidade, expressa em km/h, que o homem desenvolveu, dado que esse se movia em M.U.?

Objetivo da Questão: Buscar a determinação da velocidade média e a transformação da velocidade para km/h.

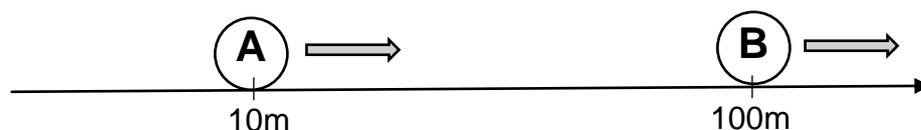
Desempenhos:	Percentuais de Acertos		Teste de Avaliação
	Teste Diagnóstico	Teste Final	
Geral	49,4%	42,5%	
Turma A	45,2%	35,5%	
Turma B	51,9%	48,1%	
Turma C	51,7%	44,8%	
Desempenhos:	Percentuais de estudantes que erraram em transformações de unidades de medidas		Teste de Avaliação
	Teste Diagnóstico	Teste Final	
Geral	46,0%	56,3%	
Turma A	51,6%	64,5%	
Turma B	44,4%	48,1%	
Turma C	41,4%	55,2%	

QUESTÃO 4

Enunciado do Teste Diagnóstico: Dois carros estão sobre a mesma trajetória, logo com mesma direção, porém, com sentidos opostos e velocidades de 10m/s e 25m/s respectivamente. Encontre o instante de encontro entre os móveis A e B.



Enunciado do Teste de Avaliação Final: Dois carros estão sobre a mesma trajetória, logo com mesma direção e com mesmo sentidos e velocidades de 25m/s e 10m/s respectivamente. Encontre o instante de encontro entre os móveis A e B.



Objetivo da Questão: Reconhecer a Estratégia utilizada para solução do problema, assim como a determinação do instante de encontro dos corpos.

Desempenhos:	Percentuais de Acertos	Teste Diagnóstico	Teste de Avaliação Final
	Geral	42,5%	93,1%
Turma A	41,9%	93,5%	
Turma B	40,7%	96,3%	
Turma C	44,8%	89,7%	
Percentuais de estudantes que utilizaram a atribuição do sinal negativo para a velocidade do corpo B		Teste Diagnóstico	
Geral	48,3%		
Turma A	48,4%		
Turma B	51,9%		
Turma C	44,8%		
Estratégias:	Percentuais de uso das Estratégias	Teste Diagnóstico	Teste de Avaliação Final
	Igualar as Equações Horárias de Espaço dos corpos	40%	87%
	Utilizar o recurso da Velocidade Relativa	14%	7%
	Induzir as posições dos corpos a cada tempo até coincidir os espaços	8%	3%
	Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e subtraí-los.	6%	0%
	Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e somá-los.	6%	0%
	Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e calcular uma média aritmética destes tempos.	3%	0%
	Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e parar / ou calcular apenas um dos tempos.	8%	1%
	Outras estratégias sem condições de compreensão da sua lógica.	8%	1%
	Deixou a Questão EM BRANCO	7%	0%

QUESTÃO 5

Enunciado do Teste Diagnóstico: Dois carros A e B encontram-se sobre uma mesma pista dupla retilínea cada um em faixas paralelas com velocidade constante os quais possuem suas funções horárias de espaço expressas através das seguintes equações: $S_A = 200 + 60.t$ e $S_B = 100 + 40.t$. Com base nessas informações, determine o instante em que o corpo A ultrapassa o corpo B.

Enunciado do Teste Final: Dois carros A e B encontram-se sobre uma mesma pista dupla retilínea cada um em faixas paralelas com velocidade constante os quais possuem suas funções horárias de espaço expressas através das seguintes equações: $S_A = 100 + 20.t$ e $S_B = 200 + 40.t$. Com base nessas informações, determine o instante em que o corpo A ultrapassa o corpo B.

Objetivo da Questão: Colocamos uma situação em que, diante das condições iniciais, o corpo A nunca ultrapassaria o corpo B pois este já estava na frente e mais rápido que o corpo B. Esperava-se que o estudante respondesse que não haveria encontro nem ultrapassagem. Caso utilizasse a estratégia de igualar as equações horárias e encontrando um instante negativo, deveria interpretar o significado do valor de tempo negativo e reconhecesse que não haveria ultrapassagem.

Desempenhos:	Percentuais de Acertos		
		Teste Diagnóstico	Teste de Avaliação Final
	Geral	6,9%	39,1%
	Turma A	9,7%	29,0%
	Turma B	11,1%	55,6%
	Turma C	0,0%	34,5%

Percentuais de estudantes que, demonstrando não saber o significado do tempo de encontro negativo	Percentuais de estudantes	
	Teste Diagnóstico	Teste de Avaliação Final
	Geral	70,1%
	Turma A	67,7%
	Turma B	70,4%
	Turma C	72,4%

Estratégias:	Percentuais de uso das Estratégias	
	Teste Diagnóstico	Teste de Avaliação Final
Igualar as Equações Horárias de Espaço dos corpos	67%	70%
Utilizar o recurso da Velocidade Relativa	3%	6%
Induzir as posições dos corpos a cada tempo até coincidir os espaços	1%	0%
Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e subtraí-los.	1%	0%
Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e somá-los.	0%	0%
Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e calcular uma média aritmética destes tempos.	0%	0%
Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e parar / ou calcular apenas um dos tempos.	3%	0%
Outras estratégias sem condições de compreensão da sua lógica.	2%	1%
Na situação de o corpo mais veloz se encontrar a frente do mais lento, perceber que não haverá ultrapassagem.	5%	20%
Deixou a Questão EM BRANCO	17%	3%

QUESTÃO 6

Enunciado do Teste Diagnóstico: Dois carros em M.U. se encontram em uma rodovia, andando no mesmo sentido. O motorista do carro B, com velocidade de 12 m/s, está a 200m atrás do carro A. O carro A se desloca com velocidade de 8m/s. Determine o instante do encontro, e a distância que esse fato ocorre em relação ao ponto inicial de A.

Enunciado do Teste Final: Dois carros em M.U. se encontram em uma rodovia, andando em sentidos contrários. O motorista do carro B está bêbado, e acaba invadindo a pista contrária, com velocidade de 8 m/s. Na mesma pista, andando no sentido correto, o carro A se desloca com 12m/s. No instante inicial $t = 0s$, 200m separam os dois móveis. Determine o instante do encontro, e a distância que esse fato ocorre em relação ao ponto inicial de A.

Objetivo da Questão: Reconhecer a Estratégia utilizada para solução do problema, assim como a determinação do instante de encontro dos corpos.

Desempenhos:	Percentuais de Acertos	Teste Diagnóstico	Teste de Avaliação Final
	Geral	52,9%	56,3%
Turma A	45,2%	61,3%	
Turma B	63,0%	70,4%	
Turma C	51,7%	37,9%	
Percentuais de estudantes que utilizaram a atribuição do sinal negativo para a velocidade do corpo B		Teste de Avaliação Final	
Geral			60,9%
Turma A			61,3%
Turma B			77,8%
Turma C			44,8%
Estratégias:	Percentuais de uso das Estratégias	Teste Diagnóstico	Teste de Avaliação Final
	Igualar as Equações Horárias de Espaço dos corpos	49%	77%
	Utilizar o recurso da Velocidade Relativa	14%	7%
	Induzir as posições dos corpos a cada tempo até coincidir os espaços	3%	3%
	Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e subtraí-los.	5%	1%
	Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e somá-los.	0%	0%
	Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e calcular uma média aritmética destes tempos.	0%	0%
	Calcular os tempos decorridos pelos corpos para cumprir a distância inicial entre os corpos separadamente e parar / ou calcular apenas um dos tempos.	7%	2%
	Outras estratégias sem condições de compreensão da sua lógica.	3%	1%
	Deixou a Questão EM BRANCO	18%	7%

ANEXOS

ANEXO A - Termo de Responsabilidade Autoral

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PRPP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS – PPGE

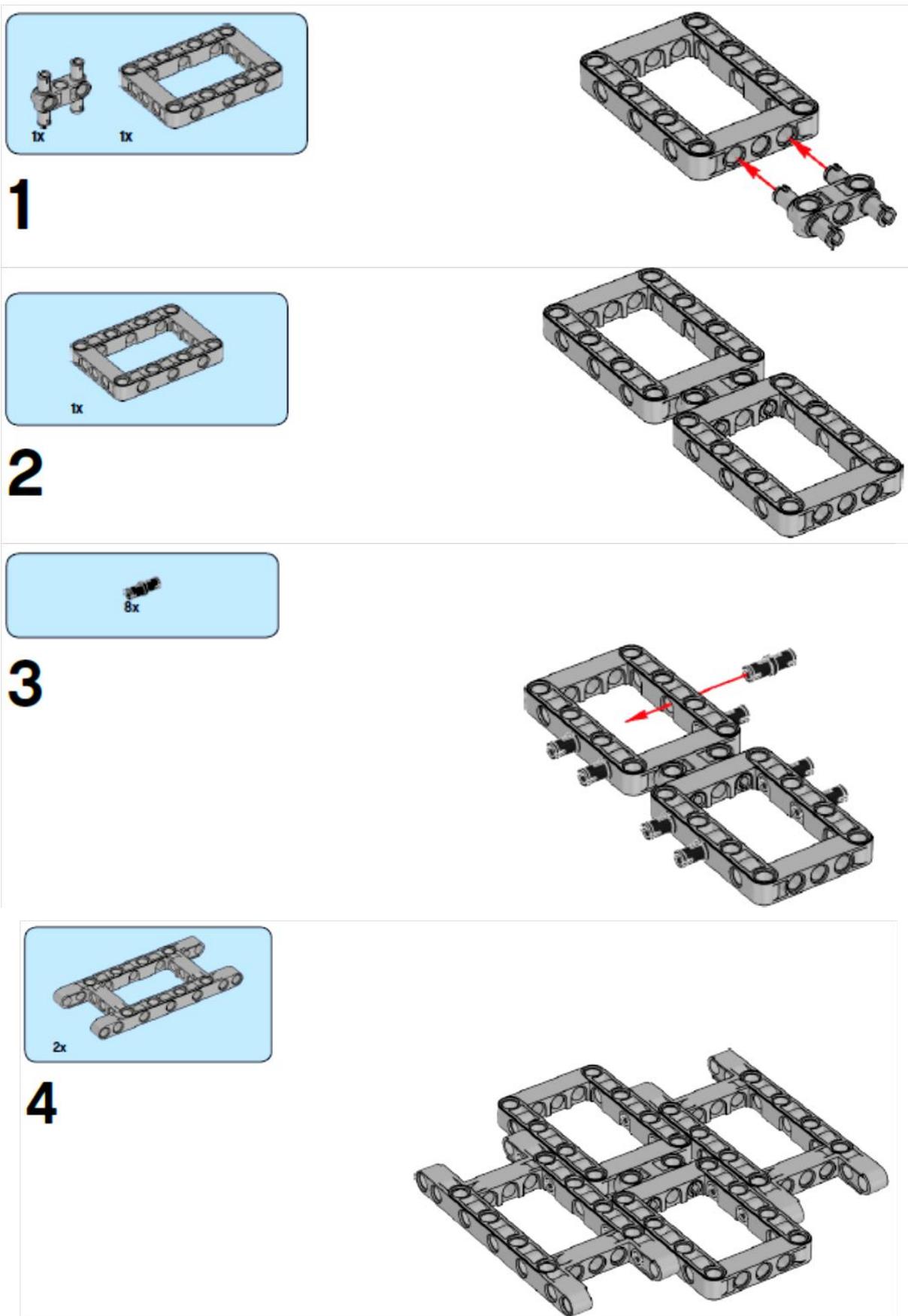
TERMO DE RESPONSABILIDADE AUTORMAL

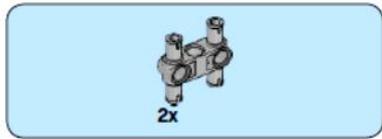
Declaro para os devidos fins, que eu, JOSÉ ROBERTO TAVARES DE LIMA, doutorando do Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) responsabilizo-me pela Tese apresentada como requisito para o Título de Doutor em Ensino da Ciência e Matemática da pesquisa desenvolvida no programa de Doutorado intitulada - ROBÓTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA: CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA PARA A ESTRUTURAÇÃO DE SEQUÊNCIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM, isentando, mediante o presente termo, a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) de quaisquer ônus consequentes de ações atentatórias à “Propriedade intelectual”, assumindo as responsabilidades civis e criminais decorrentes de tais ações.

Recife- Pernambuco, 18 de junho de 2018.

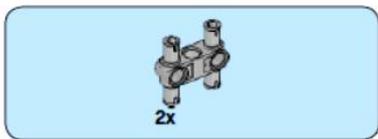
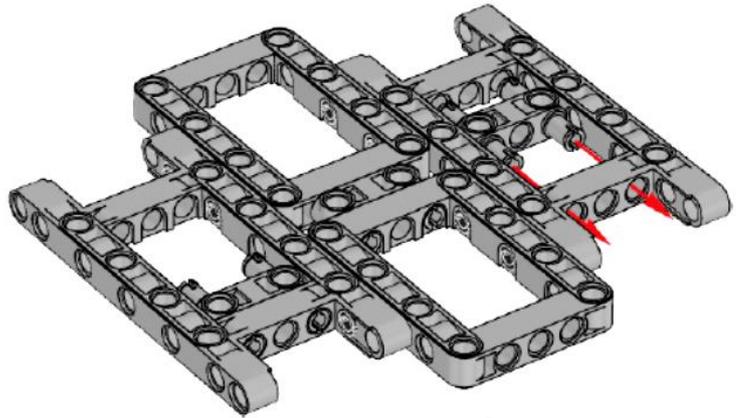

JOSÉ ROBERTO TAVARES DE LIMA

ANEXO B – Guia de Montagem dos Robôs Carros.

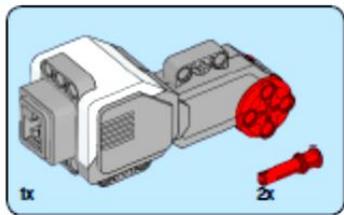
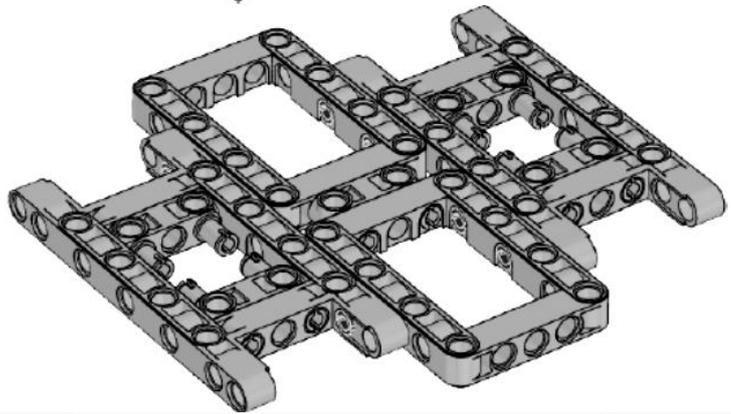




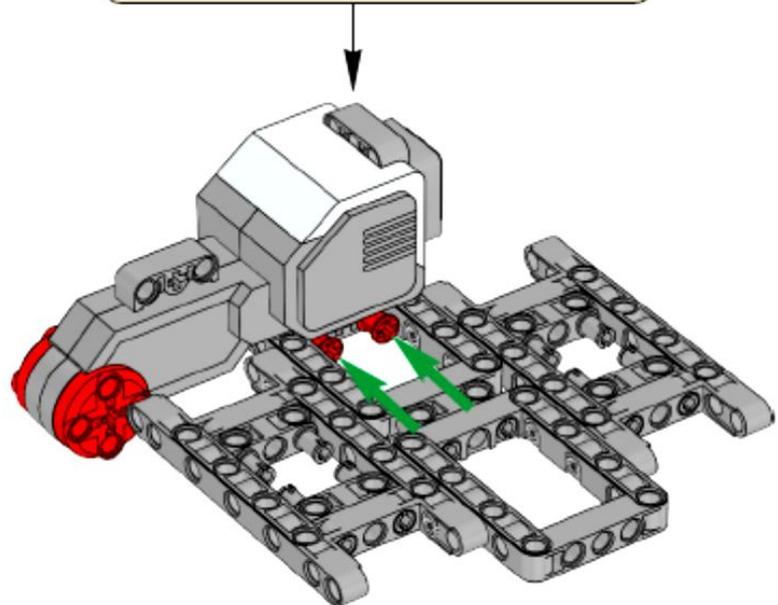
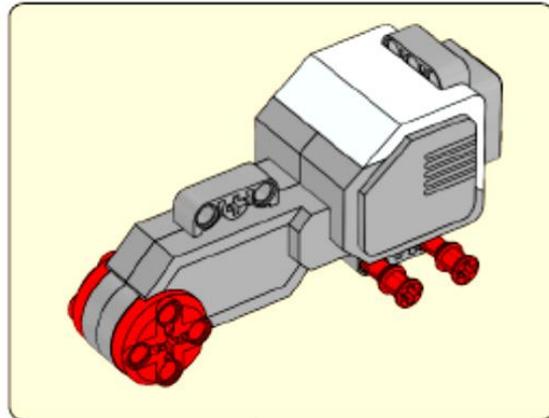
5



6

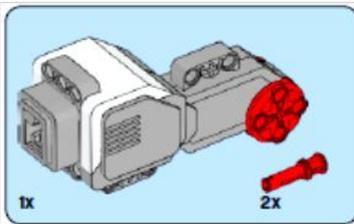
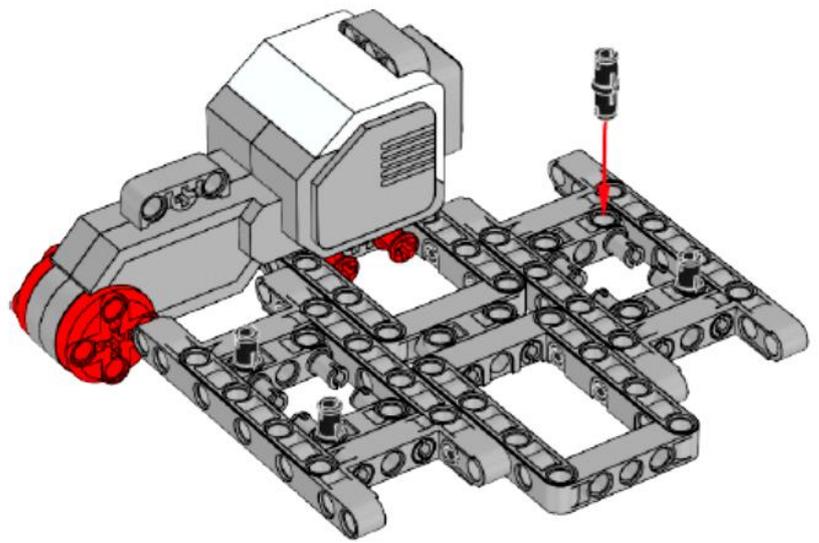


7

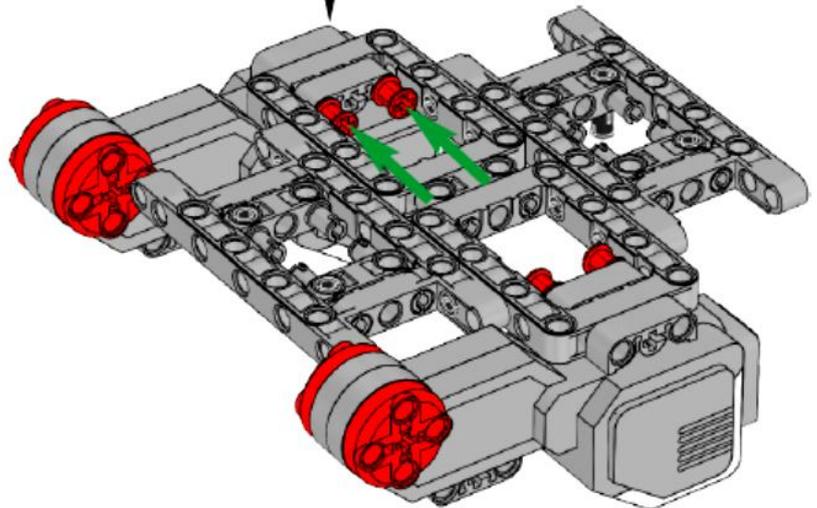
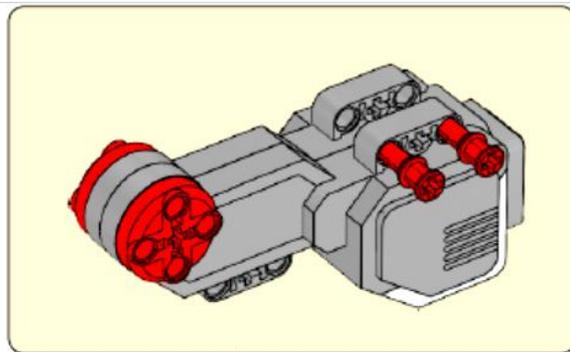


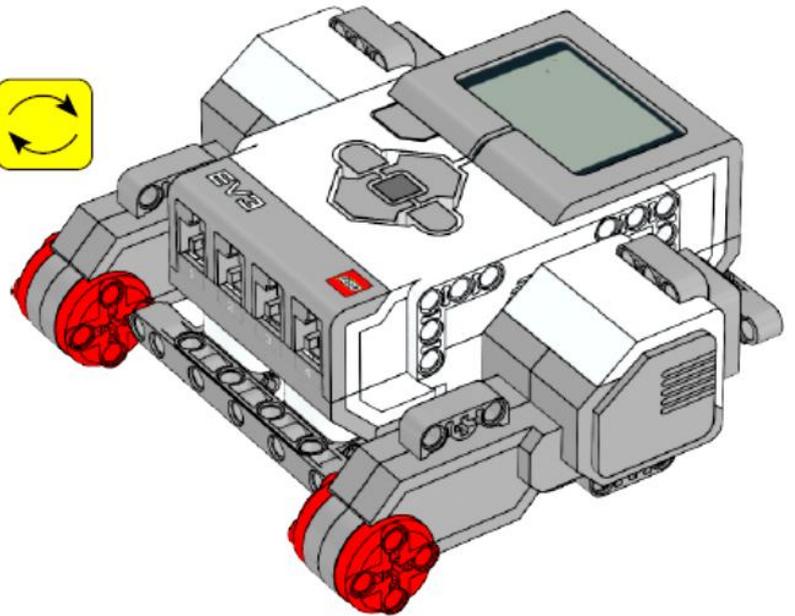
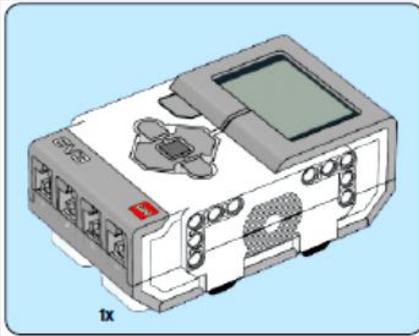


8

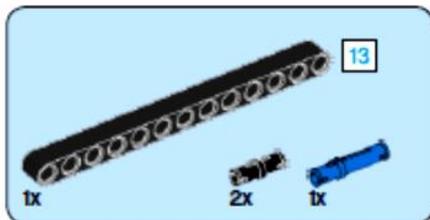
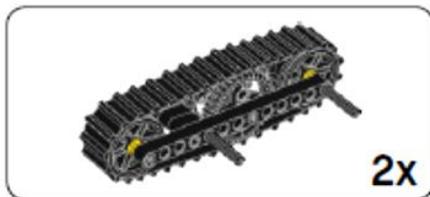


9

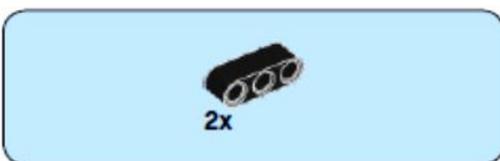




10



1

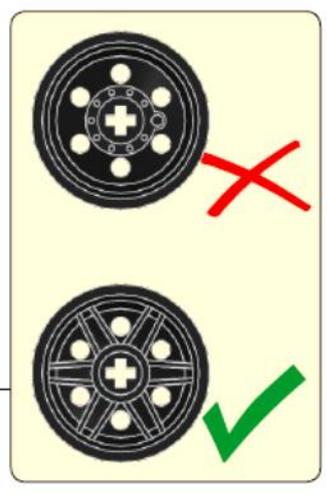
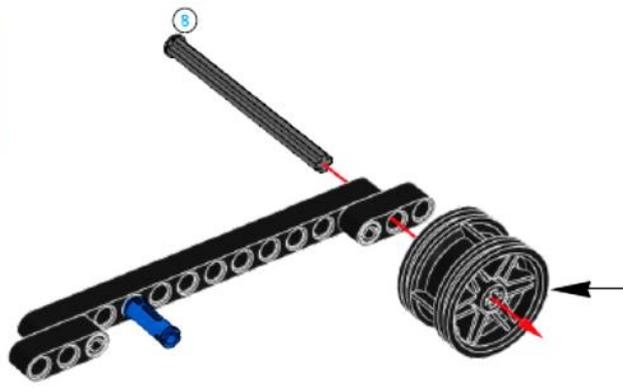


2

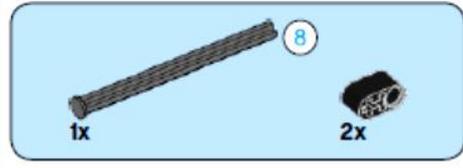
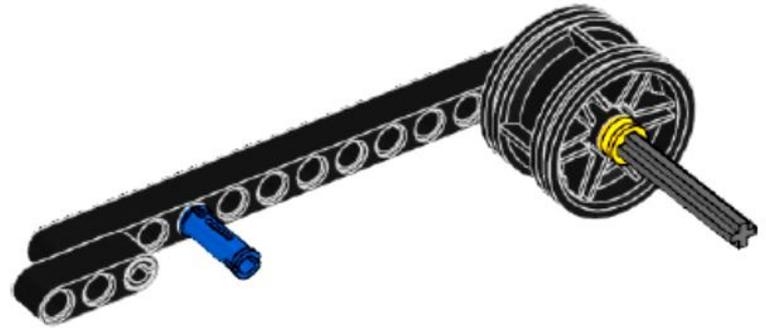




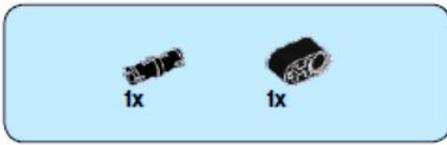
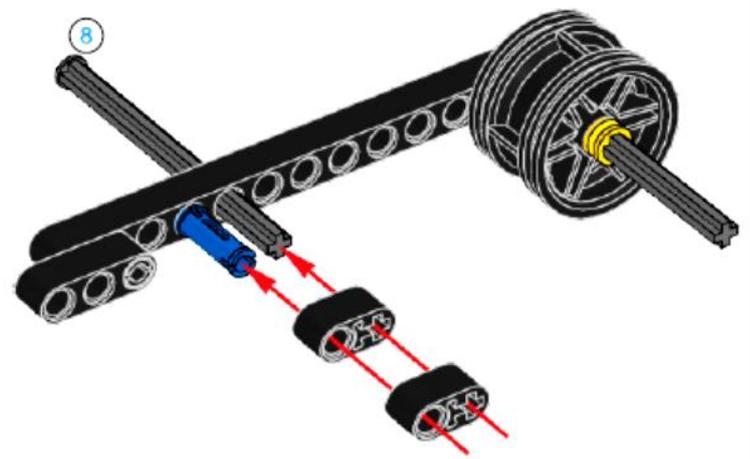
3



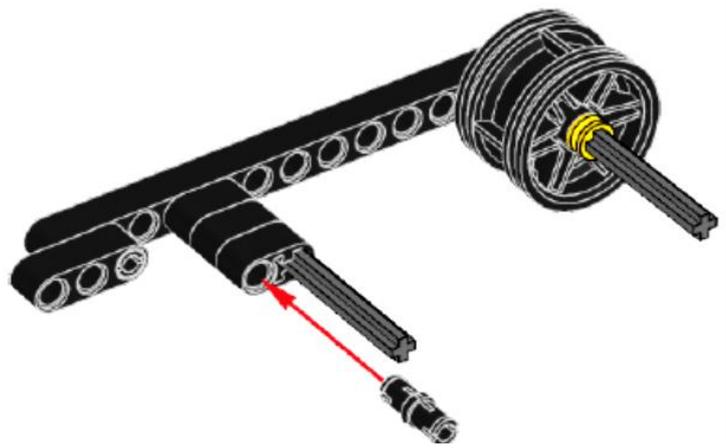
4

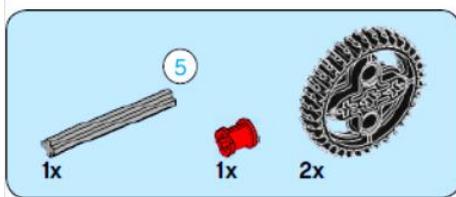


5

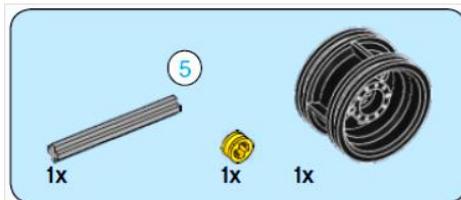
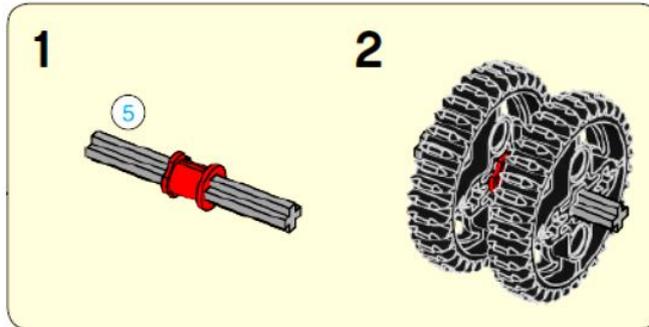
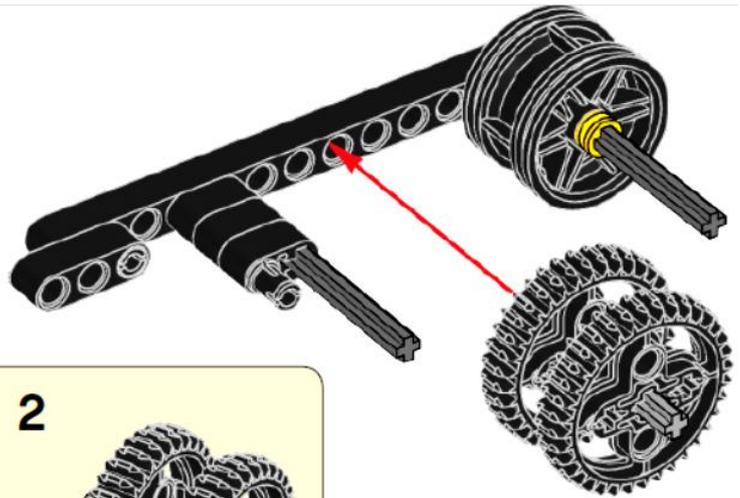


6

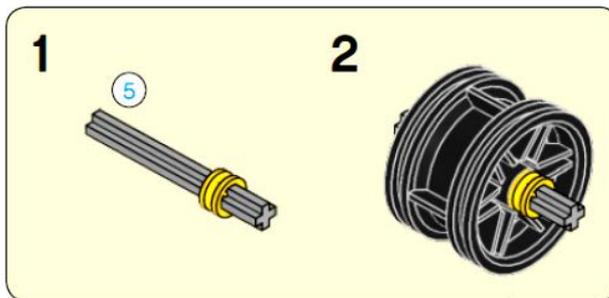
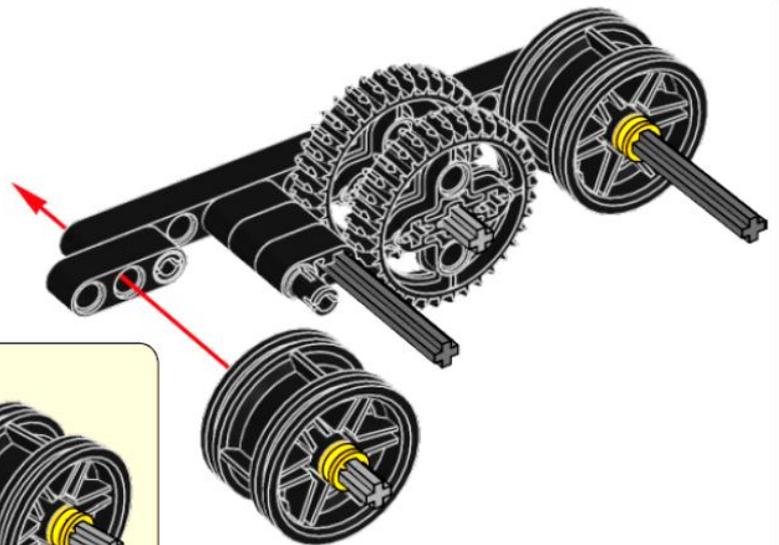




7



8



9

