



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

KELI CRISTINA LUCHESE

**A CINEMÁTICA EM UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA
POR MEIO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL**

Araranguá

2021

Keli Cristina Luchese

**A CINEMÁTICA EM UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA
POR MEIO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL**

Dissertação submetida ao Programa de
Mestrado Profissional no Ensino da Física
da Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do título de Mestre em
Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Damasio.

Araranguá

2021

Keli Cristina Luchese

**A cinemática em uma abordagem histórico-filosófica por meio da robótica
educacional**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Bernardo Walmott Borges.
Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Dr. Cristiane Raquel Woszezenki
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Werther Alexandre de Oliveira Serralheiro
Universidade de São Paulo

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi
julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ensino de Física

Prof. Dr. Leandro Batirolla Krott
Coordenador do Programa

Prof. Dr. Felipe Damasio
Orientador

Araranguá, 30 de fevereiro de 2021.

L936c Luchese, Keli Cristina
A cinemática em uma abordagem histórico-filosófica por meio da robótica educacional / Keli Cristina Luchese – Araranguá: UFSC, 2021. v, 164 f.: il.;30cm.

Orientador: Felipe Damasio

Dissertação (mestrado) – UFSC / Departamento de Física / Programa de Pós-Graduação em Física, 2021.

Referências Bibliográficas: f. 107-112.

1. Robótica educacional. 2. História das ciências. 3. Estudo dos movimentos. 4. Cinemática. I. Damasio, Felipe. II. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Física, Programa de Pós-Graduação em Física. III. A cinemática em uma abordagem histórico-filosófica por meio da robótica educacional.

Este trabalho é dedicado ao meu orientador,
Prof. Dr. Felipe Damasio, e a minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida.

A meu marido amado, Ademilson, pela compreensão, carinho, atenção ajuda e amizade.

Aos meus filhos lindos, Taiane e Guilherme, que sempre me apoiaram para a conclusão do mestrado.

Ao meu Professor e amigo, Dr. Felipe Damasio, por compartilhar comigo o seu conhecimento, orientar-me e contribuir com a conclusão deste trabalho.

Ao programa de Mestrado Nacional Profissional no Ensino da Física, que me proporcionou a oportunidade de aprofundar os meus conhecimentos.

Aos professores do MNPEF, em especial aos professores Mauricio Girardi, Bernardo Walmott Borges e à coordenadora Marcia Martins Szortyka.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Aos meus colegas, pelo apoio e pelos momentos de descontração.

Enfim, a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a conclusão dessa etapa.

Um sincero obrigada.

“Educação é a estratégia desenvolvida pelas sociedades para possibilitar a cada indivíduo atingir seu potencial criativo e estimular e facilitar a ação comum, com vistas a viver em sociedade, exercitando a cidadania plena”.

(Ubiratan D’Ambrosio, 2005)

RESUMO

A CINEMÁTICA EM UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA POR MEIO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL

Keli Cristina Luchese

Orientador:
Prof. Dr. Felipe Damasio

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este trabalho descreve uma proposta pedagógica na disciplina de Física, focando no estudo do movimento na área de cinemática, com o objetivo de dar significado ao ensino científico por meio de uma abordagem que propõe mostrar uma ciência em construção, quebrando os paradigmas de uma ciência acabada e inventada por “deuses”. A questão norteadora desta pesquisa foi **“como uma abordagem prática, por meio da robótica educacional baseada na história das ciências, pode contribuir para o ensino da cinemática?”**. E a sequência didática fundamentou-se na teoria do construcionismo de Papert e na história das ciências. Para preparar as atividades foi realizado um levantamento teórico sobre a história dos movimentos, desde Aristóteles até Galileu, bem como o estudo dos impactos do uso da robótica para fins educacionais. A implementação da proposta apresentada neste estudo foi realizada com alunos de um primeiro ano do Ensino Médio de uma Escola de Educação Básica de Meleiro, a partir de uma sequência didática em que foi proposto ao estudante utilizar a robótica educacional e a história das ciências como ferramentas para a compreensão dos conceitos de movimentos. A análise dos resultados mostrou que os estudantes tiveram mais facilidade em compreender os conceitos associados à cinemática utilizando a robótica educacional como ferramenta para a apropriação desse conteúdo, e que a história dos movimentos trouxe uma nova visão sobre a ciências, no entanto, algumas das concepções alternativas não foram superadas pelos estudantes. Apesar disso foi avaliado que a atividade realizada contribuiu de forma positiva para a aprendizagem dos estudantes e que representou ganhos para o ensino da Física no ensino médio.

Palavras-chave: Robótica educacional, História das ciências, Estudo dos movimentos, Cinemática.

Araranguá
Fevereiro de 2021

ABSTRACT

KINEMATICS IN A HISTORICAL-PHILOSOPHICAL APPROACH THROUGH EDUCATIONAL ROBOTICS

Keli Cristina Luchese

Supervisor:
Prof. Dr. Felipe Damasio.

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Física in the course of Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This study describes a pedagogical proposal in the discipline of physics, focusing on the study of movement in the kinematics area, with the objective of giving meaning to scientific teaching through an approach that proposes to show a science under construction, breaking the paradigms of a finished science and invents by "gods". The main issue of this research was **"how can a practical approach, through educational robotics based on the history of science, contribute to the teaching of kinematics?"**. And the didactic sequence was based on Papert's theory of constructionism and the history of science. To prepare the activities, a theoretical survey was carried out about the history of movements, from Aristotle to Galileo, as well as the study of the impacts of the use of robotics for educational purposes. The implementation of the proposal presented in this study was carried out with students from a first year of high school, from a didactic sequence in which it was proposed to the student to use educational robotics and the history of science as tools for understanding the concepts of movements. The analysis of the results showed that the students found it easier to understand the concepts associated with kinematics using educational robotics as a tool for the appropriation of this content, and that the history of the movements brought a new view on the sciences, however, some of the alternative conceptions were not surpassed by the students. Nevertheless, it was evaluated that the activity performed contributed positively to the students' learning and that it represented gains for the teaching of physics in the high school.

Keywords: Educational robotics, History of science, Study of movements, Kinematics.

Araranguá
February of 2021

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Modelo do universo aristotélico | 30 |
| Figura 2 - Movimento de um projétil e sua relação com o meio..... | 33 |
| Figura 3 - Representação das forças de um lançamento vertical para cima de um móvel, segundo a teoria de Hiparco | 34 |
| Figura 4 - Representação da força de um corpo abandonado de uma determinada altura segundo a teoria de Hiparco | 34 |
| Figura 5 - Representação da força resistente..... | 36 |
| Figura 6 - Representação do movimento de queda livre | 37 |
| Figura 7 - Experimento do plano inclinado..... | 42 |
| Figura 8 - Queda dos corpos no vácuo | 43 |
| Figura 9 - Experimento imaginário realizado por Galileu, em planos inclinados, onde os..... | 44 |
| Figura 10 - Posição de um móvel, em linha reta na componente x..... | 47 |
| Figura 11 - Representação gráfica unidimensional da posição de um móvel em função do tempo | 48 |
| Figura 12 - Vetor deslocamento | 48 |
| Figura 13 - Sentido do deslocamento e seus respectivos sinais | 48 |
| Figura 14 - Reta tangente em uma curva..... | 52 |
| Figura 15 - Representação gráfica da função | 53 |
| Figura 16 - Representação gráfica da função $y = f(x)$ | 55 |
| Figura 17 - Representação da posição de um móvel em instantes diferentes | 56 |
| Figura 18 - Gráfico posição <i>versus</i> tempo..... | 57 |
| Figura 19 - Reta tangente e a velocidade instantânea..... | 57 |
| Figura 20 - Corpo em queda livre..... | 58 |
| Figura 21 - Gráfico do MRU | 60 |
| Figura 22 - Gráfico velocidade <i>versus</i> tempo do MU | 61 |
| Figura 23 - Gráfico velocidade <i>versus</i> tempo do MU | 61 |
| Figura 24 - Gráfico velocidade <i>versus</i> tempo com velocidade variável | 62 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Respostas das equipas para a pergunta 1 | 73 |
| Quadro 2 - Respostas das equipas para a pergunta 2 | 73 |
| Quadro 3 - Respostas das equipas para a pergunta 3 | 73 |
| Quadro 4 - Respostas das equipas para a pergunta 4 | 73 |
| Quadro 5 - Respostas das equipas para a pergunta 5 | 74 |
| Quadro 6 - Respostas referentes a questão 1 do trabalho proposto..... | 74 |
| Quadro 7 - Respostas referentes à questão 2 do trabalho proposto..... | 75 |
| Quadro 8 - Respostas referentes à questão 3 do trabalho proposto..... | 75 |
| Quadro 9 - Respostas referentes à questão 4 do trabalho proposto..... | 76 |
| Quadro 10 - Respostas referentes à questão 5 do trabalho proposto..... | 77 |
| Quadro 11 - Respostas referentes à questão 6 do trabalho proposto..... | 78 |
| Quadro 12 - Respostas referentes à questão 7 do trabalho proposto..... | 79 |
| Quadro 13 - Respostas referentes à questão 8 do trabalho proposto..... | 80 |
| Quadro 14 - Respostas referentes à questão 9 do trabalho proposto..... | 80 |
| Quadro 15 - Respostas referentes à questão 10 do trabalho proposto..... | 81 |
| Quadro 16 - Respostas para a questão introdutória 1, referente ao conteúdo da história dos movimentos..... | 82 |
| Quadro 17 - Respostas para a questão introdutória 2, referente ao conteúdo da história dos movimentos..... | 82 |
| Quadro 18 - Respostas para a questão introdutória 3, referente ao conteúdo da história dos movimentos..... | 82 |
| Quadro 19 - Respostas para a questão introdutória 4, referente ao conteúdo da história dos movimentos..... | 83 |
| Quadro 20 - Respostas para a questão introdutória 5, referente ao conteúdo da história dos movimentos..... | 83 |
| Quadro 21 - Respostas referentes à questão 1 do trabalho proposto..... | 84 |
| Quadro 22 - Respostas referentes à questão 1 do trabalho proposto..... | 85 |
| Quadro 23 - Respostas referentes à questão 1 do trabalho proposto..... | 86 |
| Quadro 24 - Respostas referentes à questão 1 do trabalho proposto..... | 87 |
| Quadro 25 - Respostas referentes à questão 1 do trabalho proposto..... | 88 |
| Quadro 26 - Respostas referentes à questão 1 do trabalho proposto..... | 89 |
| Quadro 27 - Respostas referentes à questão 2 do trabalho proposto..... | 89 |

| | |
|--|----|
| Quadro 28 - Respostas referentes à questão 3 do trabalho proposto..... | 91 |
| Quadro 29 - Respostas referentes à questão 4 do trabalho proposto..... | 92 |
| Quadro 30 - Respostas referentes à questão 5 do trabalho proposto..... | 93 |
| Quadro 31 - Respostas referentes à questão 6 do trabalho proposto..... | 93 |
| Quadro 32 - Respostas referentes à questão 7 do trabalho proposto..... | 94 |
| Quadro 33 - Respostas referentes à questão 8 do trabalho proposto..... | 95 |
| Quadro 34 - Respostas referentes à questão 9 do trabalho proposto..... | 96 |
| Quadro 35 - Respostas referentes à questão 10 do trabalho proposto..... | 97 |
| Quadro 36 - Respostas referentes à questão 11 do trabalho proposto..... | 98 |
| Quadro 37 - Respostas referentes à questão 12 do trabalho proposto..... | 99 |
| Quadro 38 - Respostas referentes à questão 13 do trabalho proposto..... | 99 |

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Periódicos e quantidade de artigos selecionados para a revisão bibliográfica 7

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------------|--|
| C&E | Ciência & Educação |
| CBEF | Caderno Brasileiro de Ensino de Física |
| DCNs | Diretrizes Curriculares Nacionais |
| EENCI | Experiências em Ensino de Ciências |
| FnE | Física na Escola |
| IENCI | Investigação em Ensino de Ciências |
| LDB | Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional |
| MRU | Movimento Retilíneo Uniforme |
| MU | Movimento Uniforme |
| PCNs | Parâmetros Curriculares Nacionais |
| RBEF | Revista Brasileira do Ensino da Física |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 | Objetivos..... | 5 |
| 1.1.1 | <i>Objetivo geral.....</i> | 5 |
| 1.1.2 | <i>Objetivos específicos</i> | 6 |
| 2 | DESENVOLVIMENTO | 7 |
| 2.1 | Revisão bibliográfica..... | 7 |
| 2.1.1 | <i>Os conceitos sobre os movimentos no decorrer da história da ciência.....</i> | 8 |
| 2.1.2 | <i>A inserção da robótica no ensino de Física.....</i> | 10 |
| 2.1.3 | <i>A interpretação e construção de gráficos no contexto da cinemática a partir de atividades práticas</i> | 12 |
| 3 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 15 |
| 3.1 | Conceito de robótica educacional | 15 |
| 3.1.1 | <i>História da robótica educacional.....</i> | 16 |
| 3.1.2 | <i>O construcionismo de Papert.....</i> | 18 |
| 3.1.3 | <i>Importância da robótica e do construtivismo de Papert para este trabalho</i> | 22 |
| 3.2 | A história das ciências e a sua contribuição no ensino de ciências | 24 |
| 3.2.1 | <i>A história das ciências no âmbito educacional: um pouco de seu histórico</i> | 24 |
| 3.2.2 | <i>A história das ciências e o cenário atual da educação científica brasileira</i> | 25 |
| 3.2.3 | <i>A história das ciências e seu papel na educação</i> | 26 |
| 3.2.4 | <i>Importância do ensino da história das ciências para este trabalho.....</i> | 27 |
| 3.3 | Teorias sobre movimento no decorrer da história | 29 |
| 3.3.1 | <i>Movimento, segundo Aristóteles.....</i> | 29 |
| 3.3.3 | <i>As contradições das teorias aristotélicas.....</i> | 33 |
| 3.4 | As teorias do movimento de Galileu Galilei..... | 37 |
| 3.4.1 | <i>Galileu e o movimento vertical</i> | 38 |
| 3.4.2 | <i>Galileu e a queda dos corpos.....</i> | 38 |
| 3.4.3 | <i>O experimento da Torre de Pisa</i> | 39 |
| 3.4.4 | <i>Aceleração em queda livre e o plano inclinado.....</i> | 41 |
| 3.4.5 | <i>Galileu e a Lei da Inércia.....</i> | 43 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4 | FUNDAMENTOS DA FÍSICA - CINEMÁTICA | 46 |
| 4.1 | Movimento unidimensional com velocidade constante..... | 46 |
| 4.2 | Posição de um móvel (s) | 46 |
| 4.3 | Representação gráfica da posição de um móvel | 47 |
| 4.4 | Vetor deslocamento (Δx) | 48 |
| 4.5 | Distância percorrida (d)..... | 49 |
| 4.6 | Vetor velocidade média..... | 50 |
| 4.7 | Rapidez e velocidade média..... | 50 |
| 4.8 | Velocidade e rapidez constantes e variáveis..... | 51 |
| 4.9 | Velocidade instantânea e rapidez instantânea | 51 |
| 4.10 | A reta tangente..... | 52 |
| 4.11 | Cálculo do coeficiente angular da reta tangente..... | 52 |
| 4.12 | Derivada e sua aplicação no estudo dos movimentos..... | 56 |
| 4.13 | Reta tangente e velocidade..... | 56 |
| 4.14 | Movimento Retilíneo Uniforme..... | 60 |
| 4.15 | Cálculo da velocidade de um móvel a partir do gráfico posição e tempo .. | 60 |
| 5 | METODOLOGIA | 64 |
| 5.1 | Revisão bibliográfica..... | 64 |
| 5.2 | Apropriação do tema..... | 64 |
| 5.3 | Produção do material instrucional | 67 |
| 5.4 | Implementação do projeto | 69 |
| 5.4.1 | <i>Público-alvo</i> | 69 |
| 5.4.2 | <i>Implementação da sequência didática</i> | 69 |
| 5.4.2.1 | Sequência didática envolvendo a robótica educacional..... | 69 |
| 5.4.2.2 | Sequência didática envolvendo a história das ciências..... | 71 |
| 5.5 | Análise dos resultados | 71 |
| 5.5.1 | <i>Respostas obtidas nas questões avaliativas</i> | 72 |
| 5.5.1.1 | Respostas obtidas nas questões avaliativas envolvendo a robótica educacional | 72 |
| 5.5.1.2 | Respostas obtidas nas questões avaliativas envolvendo a história das ciências . | 81 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 101 |
| | REFERÊNCIAS | 106 |
| | APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL..... | 112 |

1 Introdução

A educação brasileira vem se transformando, tendo passado por modificações importantes desde que foi implantada, em meados de 1549. Um grande marco dessa transformação surgiu em 1996, com a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação, que visa educação de qualidade e igualitária para todos. Segundo Carvalho [1998], a aprovação da Nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) foi um momento bastante importante para a educação brasileira. Com a implantação da LDB, o ensino básico que, cujo foco era somente ensinar conteúdos, passa a se voltar para desenvolver nos estudantes habilidades e competências, com isso surge outro documento relevante, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs).

Os PCNs fornecem orientações e propõem práticas para uma educação em que o estudante passa a ser protagonista do seu saber, “aprender a aprender”. Isso porque a sociedade passou por uma mudança bastante significativa nos últimos anos, o avanço tecnológico mudou o jeito que vivemos e, principalmente, o mercado de trabalho no qual os estudantes serão inseridos futuramente [Carvalho 1998].

De acordo com os PCNs, o avanço tecnológico trouxe uma nova relação entre o trabalho e o conhecimento. Sendo assim, o papel da educação vem se transformando e a escola contemporânea deverá trazer consigo um horizonte amplo e mais diversificado [Brasil 1998b]. Desse modo, é proposto que a educação possa trazer uma formação com aquisição de novos conhecimentos e habilidades, que estão mais voltados ao mundo atual, onde as tecnologias estão cada vez mais avançadas. Essa nova relação entre o conhecimento e o trabalho exige o domínio das novas tecnologias, bem como estudantes/profissionais que tenham iniciativa e criatividade, ou seja, a escola deve proporcionar ao estudante metodologias de ensino voltadas ao “aprender a aprender” [Brasil 1998b].

No âmbito de uma educação voltada a preparar o estudante com novas competências, como o domínio da tecnologia, iniciativa e capacidade de resolver problemas, faz-se necessário a inserção de novas metodologias que induzam o aluno a pensar, discutir, achar soluções e trabalhar em equipe. Segundo os PCNs, o processo de ensino e aprendizagem deve ser explorado a partir de metodologias que visem desenvolver no estudante a sua capacidade de resolver problemas, criar estratégias, trabalhar em grupos, propor soluções e incentivar a criatividade [Brasil 1998b]. Deste

modo, cabe ao educador buscar por novos métodos de ensino, sempre priorizando o aluno como construtor de seu saber. O professor deixa de ser o protagonista em sala de aula, e passa a ser um mediador. Não cabe mais à educação as metodologias em que os alunos decoram conteúdos e não questionam sobre os fenômenos e acontecimentos a sua volta, principalmente na última etapa da educação básica, o Ensino Médio.

O aluno inserido nessa etapa traz consigo mais maturidade e isso torna as metodologias voltadas ao desenvolvimento de competência muito mais relevantes e aprofundadas [Brasil 1998a]. É no Ensino Médio que o estudante terá uma relação mais aprofundada com todas as disciplinas integradoras do currículo, destacando que é nessa etapa que aparecem novas disciplinas, como a física e a química. Por isso, é importante que as metodologias voltadas a essas disciplinas tragam consigo o questionamento de uma ciência em construção, para que o estudante entenda que o conhecimento se transforma e que, no decorrer dos anos, as teorias estudadas passaram por transformações.

Este trabalho está voltado ao estudo mais aprofundado do ensino da disciplina de física. De acordo com os PCNs, tal disciplina tem um papel bastante relevante na formação integral do indivíduo, pois pode contribuir para a formação de uma cultura científica, onde o próprio estudante possa compreender os processos naturais e históricos, a relação do ser humano com a natureza e o uso de equipamentos e procedimentos experimentais [Brasil 1998b]. Ao ministrar a disciplina de Física, é interessante que o professor proponha atividades que contextualizem o processo histórico do conhecimento, propondo atividades que possibilitem a compreensão do uso de tecnologias, procurando sempre tornar o estudante protagonista de seu saber.

De acordo com Neto [2014], utilizar-se de várias metodologias de ensino enriquece a aprendizagem e torna a sala de aula mais dinâmica, pois não existe um único método que seja o mais eficiente. Para Neto, a tecnologia é uma das ferramentas atuais que favorecem o aprendizado. Conforme os PCNs “as tecnologias hoje são vistas como um dos principais agentes de modificação da sociedade, pela forma com que mudou o nosso cotidiano” [Brasil 1998a p. 43].

Dinis e Santos [2014] afirmam que a tecnologia tem um papel fundamental na sociedade atual, e que muitas profissões do futuro estarão ligadas a ela. A sociedade atual passa por uma transformação, e parte disso se deve aos avanços tecnológicos, sendo que em todos os lugares é possível presenciar a tecnologia, e na escola não é diferente, pois ao longo dos anos a robótica educacional vem se tornando uma ferramenta de ensino cada vez mais comum no âmbito escolar.

Segundo Bastos *et al.* [2010], atualmente a maioria dos estudantes, independente da classe social, estão inseridos no mundo digital, portanto, a formação escolar deve proporcionar a ele uma base de conhecimentos que possibilitem a análise, leitura e exploração das ferramentas tecnológicas. Desse modo, a escola passa por uma transformação em que cada vez mais a tecnologia fará parte desse cotidiano. Pensando nessa nova realidade, o ponto de interesse deste trabalho é uma proposta de implantação do uso da robótica nas aulas de Física, bem como a análise dos impactos da aprendizagem dos estudantes ao trabalharem com essa metodologia. A questão norteadora deste trabalho está voltada à aplicação da robótica no estudo da cinemática, a partir do levantamento histórico dos conceitos sobre o movimento, desde Aristóteles até Galileu.

Para D'Abreu [1999], o avanço da robótica educacional tornou essa ferramenta uma importante mediadora do conhecimento. Segundo ele, essa metodologia tem demonstrado que o estudante tem mais facilidade em compreender conceitos relacionados à ciência, principalmente nas disciplinas de Física e Matemática, quando aprende a partir do uso dos robôs.

Conforme Martins [2006], a maioria dos estudantes de Ensino Médio não opta por cursos superiores voltados à área de Física, o que acaba fazendo com que seja somente no Ensino Médio que ocorra o contato do aluno com essa área, desse modo, é importante que o professor possa construir junto aos estudantes o pensamento científico. Segundo o autor, para que isso seja possível, uma estratégia é propor metodologias que envolvam a história das ciências.

Segundo Martins [2006], a prática pedagógica afeta a forma com que o estudante entende a ciência e é importante que nessa etapa de ensino possa se desmitificar a ciência “arrogante e autoritária”, e para isso a história da ciência tem um papel importante na desconstrução do senso comum sobre essa disciplina.

Conforme Martins [2006], quando a prática pedagógica não contempla a história da ciência, é possível que o estudante não consiga se tornar crítico da prática científica, visto que neste caso houve um empobrecimento de sua aprendizagem. De acordo com Martins [2006], devemos cuidar a forma com que os conteúdos são abordados, pois não é válida a aprendizagem por meio da qual o estudante entende somente o conceito de uma ciência pronta, ou seja, não é válido apresentar somente os resultados da ciência, mas é importante enfatizar uma ciência em construção. Para tanto, o autor sugere alguns questionamentos que devem estar presentes na prática pedagógica.

De que modo as teorias e os conceitos se desenvolvem? Como os cientistas trabalham? Quais as ideias que não aceitamos hoje em dia e que eram aceitas no passado? Quais as relações entre ciência, filosofia e religião? Qual a relação entre o desenvolvimento do pensamento científico e outros desenvolvimentos históricos que ocorreram na mesma época? [Martins 2006 p. 1].

Segundo Carvalho [1998], quando a prática pedagógica ignora a construção histórica dos conceitos, reforça a visão de uma ciência desfragmentada, reforçando, conseqüentemente, o pensamento indutivista dos alunos acerca da ciência. A história das ciências pode contemplar o ensino comum da ciência, pois é possível, por meio dos aspectos históricos, compreender a relação entre tecnologia, ciência e sociedade [Martins 2006].

Segundo Martins [2006], um estudo adequado, com propostas de ensino que proporcionem aos estudantes compreender os episódios históricos da ciência, permite a visão de uma ciência com limitações, promovendo a desmitificação do conhecimento científico. Ainda conforme o autor, é importante mostrar que os conceitos científicos não foram criados por “grandes gênios”, e que a construção destes passou por falhas e limitações, que estas foram sendo aprimoradas e que muitas delas não são mais aceitas atualmente. Martins [2004] afirma que é sobre a quebra dessa visão da ciência de “super-homens” que sua história tem um papel fundamental.

Ao propor um estudo detalhado de alguns episódios da história das ciências, é possível mostrar as suas limitações, trazendo a discussão os grandes sucessos e fracassos do esforço humano na compreensão da natureza [Martins 2006].

Dentre o conteúdo da história da ciência a ser abordado neste trabalho, está a construção dos conceitos e hipóteses sobre os movimentos. A escolha deste tema se baseou em propor uma metodologia por meio da qual o estudo da cinemática não seja limitado somente à resolução de cálculos, mas que, a partir da contextualização histórica, o estudante consiga perceber a disciplina de física com uma construção humana em desenvolvimento. Portanto, a partir dos conceitos elaborados por Aristóteles para explicar o movimento, até o conceito de inércia proposto por Galileu, pretende-se mostrar a quebra dos paradigmas aristotélicos e a nova ciência que surge com as teorias propostas por Galileu, evidenciando a influência da sociedade e da religião na formação dos conceitos científicos.

Além da história da ciência como forma de contextualização para o estudo da cinemática, este trabalho propõe metodologias experimentais a partir do uso de kits de

robótica educacional, visto que essas duas práticas educacionais (história da ciência e tecnologia) estão propostas nos PCNs.

Portanto, com base na análise de referências teóricas que estão citadas na revisão bibliográfica e dentro de um conjunto de reflexões sobre a prática pedagógica no ensino da Física, observou-se que existem algumas metodologias voltadas ao ensino baseado no uso da robótica e na história das ciências, mas essas práticas ainda são bastante limitadas, por esse motivo o conteúdo de cinemática é abordado de forma tradicionalista, dando a impressão de um conteúdo irrelevante a vida real. Assim, buscou-se propor, neste trabalho, uma atividade metodológica que visa responder a seguinte questão: **“Como uma abordagem prática por meio da robótica educacional baseada na história das ciências pode contribuir para o ensino da cinemática?”**.

O trabalho proposto é constituído de uma pesquisa bibliográfica e qualitativa com ênfase no conteúdo de cinemática abordado por meio da história das ciências e da robótica educacional. O trabalho está dividido nas seguintes seções: a) revisão bibliográfica contendo um levantamento teórico de artigos que trazem como proposta o ensino da história das ciências, robótica educacional e cinemática; b) fundamentação teórica sobre robótica educacional, teoria de aprendizagem construcionista, história das ciências e sua contribuição no ensino das ciências teoria dos movimentos desde Aristóteles até Galileu; c) cinemática; d) metodologia e análises de resultados; e) considerações finais.

A proposta descrita foi realizada na Escola de Educação Básica de Meleiro, na turma do primeiro ano do Ensino Médio. A análise e avaliação dos resultados, após a aplicação da proposta metodológica, servirão para uma reflexão que tem por objetivo buscar respostas e soluções para a questão norteadora.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Investigar as contribuições de uma abordagem prática utilizando a história das ciências e a robótica educacional para o ensino da cinemática.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Pesquisar sobre os conceitos de movimento no decorrer história das ciências;
- b) Desenvolver uma sequência didática envolvendo a história das ciências e a robótica educacional;
- c) Contribuir para o ensino da Física a partir de uma prática pedagógica voltada ao “aprender a aprender”;
- d) Investigar os resultados alcançados na sequência didática.

2 Desenvolvimento

2.1 Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica foi realizada por meio de consultas nos periódicos de conceitos Qualis/Capes A e B, na área do ensino das ciências, e limitou-se ao recorte dos últimos dez anos. Foram consultados os seguintes periódicos: Revista Brasileira do Ensino da Física (RBEF), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Investigação em Ensino de Ciências (IENCI), Experiências em Ensino de Ciências (EENCI), Ciência & Educação (C&E) e A Física na Escola (FnE). A partir das pesquisas realizadas, foram selecionados como indicadores: a) os conceitos sobre os movimentos no decorrer da história da ciência; b) a inserção da robótica no ensino de física; e c) a interpretação e construção de gráficos no contexto da cinemática a partir de atividades práticas.

A seleção dos trabalhos pesquisados ocorreu por meio da leitura de seus resumos e palavras-chave. É importante ressaltar que a revisão bibliográfica foi elaborada considerando os trabalhos mais significativos a essa pesquisa, que estavam de acordo com os indicadores supracitados, ressaltando-se que não se pretendeu fazer um estudo do estado da arte nessa revisão. A Tabela 1 descreve os periódicos pesquisados e os indicadores estabelecidos.

| Periódico | a | b | c |
|--------------|----------|----------|----------|
| RBEF | 3 | 0 | 0 |
| CBEF | 0 | 4 | 2 |
| IENCI | 0 | 1 | 0 |
| EENCI | 1 | 1 | 1 |
| C&E | 0 | 1 | 0 |
| FnE | 1 | 0 | 0 |
| Total | 5 | 7 | 3 |

Tabela 1 - Periódicos e quantidade de artigos selecionados para a revisão bibliográfica

Fonte: elaborada pela autora [2020].

A seguir são descritos os trabalhos selecionados, por meio da revisão bibliográfica, que estavam em consonância com os indicadores propostos nesta pesquisa.

2.1.1 Os conceitos sobre os movimentos no decorrer da história da ciência

Campos e Ricardo [2012] apresentam os conceitos fundamentais dos movimentos segundo a teoria aristotélica. Para os autores, os textos escritos por Aristóteles são refinados e complexos. Sendo assim, o artigo é uma breve síntese das argumentações das teorias de Aristóteles em uma linguagem mais acessível ao leitor.

Porto [2009a] destaca a história da ciência com embasamento nos pressupostos e observações de Aristóteles. O autor do artigo enfatiza a importância do estudo da história da ciência nos cursos de Licenciatura em Física, pois entende a complexidade da elaboração dos processos científicos, o que ajuda o professor compreender melhor os obstáculos cognitivos de seus estudantes no processo de apropriação do conhecimento. Ao mesmo tempo, Porto [2009a] faz uma ressalva sobre a escassez de bibliografias nacionais referentes à história da ciência anterior ao surgimento da ciência moderna. Ao comparar a Física Aristotélica à Física Moderna, o autor destaca que a teoria defendida por Aristóteles se constitui de uma complexa explicação sobre os fenômenos naturais, elaborada por meio de suas observações empíricas, já a ciência moderna é embasada em experimentos e estuda os fenômenos de forma mais segmentada.

Lima [2012] faz um relato baseado em uma experiência pessoal, com turmas de primeiro e segundo ano do Ensino Médio, propondo o estudo do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) a partir dos textos de Galileu, permitindo a mescla entre a história da ciência e o conteúdo proposto. O autor faz uma crítica relevante a respeito do ensino da Física no Brasil, visto que os conteúdos muitas vezes são ministrados de forma abstrata e embasados em equações matemáticas; conseqüentemente, tal procedimento poderia diminuir o interesse do estudante pela disciplina. Para ele, o professor tornou-se refém de um mercado chamado “vestibular”, o qual propõe questões que somente utilizam aplicações de equações matemáticas, mostrando uma Física desconectada do aprendizado científico e da construção humana. De acordo com o estudo, nota-se que a introdução da história da Física no ensino pode possibilitar ao estudante a apropriação dos conteúdos propostos.

Porto e Porto [2009b] descrevem a reconstituição histórica do princípio da inércia, com objetivo de ressaltar as concepções prévias dos estudantes sobre os fenômenos naturais a partir do senso comum, visando substituí-las pelo conhecimento científico. Para tanto, eles utilizam como alicerce a história da ciência e as concepções de

importantes nomes, como Aristóteles, Galileu e Descartes. Para isso, os autores embasam seu artigo no texto escrito por Galileu, intitulado *Diálogo sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo: Ptolomaico e Copernicano*. Dessa forma, por meio das leituras sobre as teorias defendidas por esses filósofos, seria possível mostrar aos estudantes que a ciência não é algo acabado, mas que se transforma a partir de outros estudos e teorias que se sucedem.

Soares e Borges [2010] relatam em seu artigo a proposta de inserção da história da ciência e do uso de tecnologias com o intuito de aprimorar métodos que tenham relevância para acrescer o conhecimento cognitivo dos estudantes a respeito do conteúdo específico relacionado aos movimentos. Para essa finalidade, foram utilizados os conceitos de movimento de Galileu, materiais de baixo custo e o software LOGO. Para os autores, a história da ciência oferece contribuições bem relevantes no ensino da Física, além de despertar no estudante uma reflexão mais sofisticada sobre a história da ciência e sua relação com a humanidade.

De acordo com os artigos mencionados, compreende-se que a inserção da história da ciência no ensino da Física é bastante relevante. Entretanto, ainda é uma metodologia pouco empregada pelos professores dessa disciplina.

O artigo escrito por Campos e Ricardo [2012] assume relevância a essa dissertação por apresentar a história dos movimentos segundo a teoria aristotélica, por meio de um texto dinâmico e de fácil interpretação, facilitando assim compreensão do leitor acerca das teorias aristotélicas. Já trabalho de Porto [2009a], enfatiza o uso da história da ciência nas aulas de Física, isto é, poderia ajudar o estudante compreender melhor que essa ciência é uma construção do conhecimento humano e que, no decorrer dos anos, ela foi sendo aprimorada. Todavia, o professor ainda enfrenta a escassez de bibliografias referentes à história das ciências. Ademais, a pesquisa desenvolvida por Lima [2012] contribui para este trabalho porque mostra um estudo de caso com dados estatísticos, os quais poderiam evidenciar que a inserção da história da ciência na aula de Física melhorou o desempenho dos estudantes. O trabalho de Soares e Borges [2010], por sua vez, colaborou com essa pesquisa, por expor uma atividade que une robótica e história da ciência, propondo uma mudança de paradigmas nas aulas de Física. Outrossim, Porto e Porto [2009b], facilitam a compreensão ao escreverem um texto bastante didático sobre o estudo dos movimentos desde a teoria aristotélica até a teoria de Galileu, sendo possível utilizá-lo nas aulas de Física, pois oferece um texto agradável e de linguagem acessível aos estudantes.

2.1.2 A inserção da robótica no ensino de Física

Schuhmacher *et al.* [2017] investigam a inserção das TICs (Tecnologia da Informação e Comunicação) no âmbito escolar e as barreiras enfrentadas pelos professores nesse tipo de prática pedagógica. A pesquisa dos autores foi desenvolvida em duas etapas: 1) análise dos PPPs de universidades e 2) entrevista com coordenadores e professores de Licenciatura e Ensino Médio. Observa-se, por meio das análises de dados coletados, que os cursos de Licenciatura não apresentam, em sua grade curricular, disciplinas que contemplem a TICs, quanto aos professores e coordenadores, a maioria não tem cursos de capacitação nessa área, o que dificulta a inserção dessa metodologia.

Junior *et al.* [2016] exploram em seu trabalho a utilização do microcontrolador Arduíno para a montagem de um aparato que mede a aceleração gravitacional. Essa proposta busca o desenvolvimento de habilidades e competências nos estudantes, referentes ao domínio de novas tecnologias por meio de montagem e programação de robôs. Para o autor, a metodologia aplicada promove a investigação, reflexão e curiosidade dos estudantes, além do interesse pela disciplina da Física.

Moreira *et al.* [2018] apresentam uma revisão bibliográfica de artigos publicados nos últimos cinco anos nas principais revistas de ciências do Brasil, sobre o uso do Arduíno no ensino da Física. Após os levantamentos teóricos e a análise dos resultados dessas práticas pedagógicas, os autores afirmam que o uso da robótica em sala de aula tem se mostrado uma metodologia versátil de ensino, que evidencia a contribuição dessa ferramenta no processo ensino e aprendizagem, despertando nos estudantes motivação, autonomia e interação entre colegas.

Cavalcante *et al.* [2014] elaboraram uma sequência didática explorando a robótica educacional por meio do uso do microcontrolador Arduíno. O trabalho tem por objetivo utilizar-se de instrumentos tecnológicos para explanar conteúdos de Física moderna. Segundo os autores, a escola deste século deve garantir uma formação sólida, para que os estudantes sejam capazes de atuar de modo crítico diante das novas mudanças tecnológicas e científicas no mundo moderno.

Monteiro *et al.* [2013] apresentam uma avaliação de um experimento realizado com estudantes do curso de Licenciatura em Física, tendo como proposta o ensino da cinemática a partir de um laboratório controlado remotamente. Os autores fundamentam

seu trabalho nas teorias de aprendizagem de Piaget e Vigotski, defendendo o uso de experimentação como ferramenta para a aprendizagem significativa do estudante.

Garcia e Soares [2016] realizaram uma pesquisa qualitativa do tipo estudo de caso, utilizando a robótica educacional para desenvolver um projeto com estudantes do Ensino Médio, a fim de observar o interesse, motivação, erro, colaboração, cooperação e aprendizagem de cada aluno. O trabalho proposto passou por várias etapas de construção, e os próprios estudantes desenvolveram uma proposta para a construção do robô. Em suas considerações finais sobre a pesquisa, os autores destacam que o uso da robótica educacional poderia ter facilitado o raciocínio e a aprendizagem cognitiva dos estudantes, pois a inserção da tecnologia despertou a investigação, reflexão e criatividade. Eles destacam também que a utilização da robótica no âmbito educacional é algo desafiador e estimulante.

Santos *et al.* [2018] desenvolveram uma pesquisa utilizando como metodologia o Ciclo de Kelly, com enfoque nas análises dos construtos pessoais a respeito da ciência e da tecnologia de professores que atuam na educação básica. A partir dos resultados e levantamentos teóricos, os autores afirmam que existe uma forte influência do paradigma de formação de estudantes do curso de Licenciatura em Física, na forma como eles irão atuar em sala de aula. Segundo pesquisas do autor, a maioria dos professores da educação básica se formou antes da consolidação da tecnologia na escola. Portanto, isso acarreta um déficit na inserção da tecnologia no âmbito escolar. Esse artigo explana sobre as concepções de oito estudantes, submetidos a questionamentos ocorridos anteriormente e posteriormente ao uso da robótica como ferramenta de ensino. Desse modo, a análise dos resultados foi baseada em testes individuais, com perguntas a respeito de tecnologia e ciência, sendo possível perceber que as concepções dos estudantes mudaram após o uso da robótica educacional.

A revisão bibliográfica deste segundo indicativo nos mostra que há poucos trabalhos relacionados ao uso da robótica educacional com a ferramenta LEGO, devido ao seu alto custo. Por outro lado, são comuns a aplicação de propostas metodológicas que utilizem o microcontrolador Arduíno, isso porque esse material é mais acessível financeiramente.

O trabalho de Santos *et al.* [2018] é relevante a essa pesquisa, uma vez que traz um estudo de caso mostrando a falta de programas e disciplinas que utilizam a tecnologia nos cursos de Licenciatura, o que leva a termos profissionais despreparados para trabalhar com essa ferramenta. Nesse contexto, Junior *et al.* [2016] auxiliam este trabalho por

apresentarem uma prática pedagógica utilizando a robótica alicerçada nos DCNs (Diretrizes Curriculares Nacionais) e PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais). Outrossim, o trabalho de Moreira *et al.* [2018] foi fundamental para este estudo por apresentar uma revisão das publicações nessa área que se focam no assunto da robótica educacional. Ressalta-se, nesse caso, a falta de trabalhos publicados que inserem a ferramenta LEGO como ferramenta de ensino. Por conseguinte, Garcia e Soares [2016] são essenciais a esta pesquisa, pois justificam, por meio de seus estudos, que a inserção da robótica educacional poderia promover a motivação e o interesse dos estudantes pela disciplina de Física.

Percebe-se que o trabalho de Monteiro *et al.* [2013] é relevante a esta pesquisa, pois propõe atividades práticas fundamentadas nas teorias de aprendizagem baseadas nos estudiosos Piaget e Vygotsky. No entanto, entre os artigos pesquisados para essa revisão, nota-se que há poucos trabalhos nessa área que contemplam as teorias de aprendizagem utilizadas no desenvolvimento das propostas pedagógicas. Cavalcante *et al.* [2014] propõem que a aprendizagem sólida, capaz de motivar o estudante, ocorre a partir da robótica educacional e enfatizam que o uso da tecnologia em sala pode ser sugestão para uma educação menos bancária e mais humana. De outra maneira, Schuhmacher *et al.* [2017], contribuem a essa pesquisa por desenvolverem um estudo de caso mostrando que os cursos de Licenciatura se confrontam com muitos problemas, ao inserirem a tecnologia educacional nas aulas, até porque muitos professores têm medo de utilizar essa ferramenta. Desse modo, esses dados são relevantes, pois indicam que a educação brasileira está muito atrasada no que diz respeito ao uso das tecnologias, e que grande maioria dos professores se sente desmotivada a utilizá-las, principalmente por trabalharem em escolas sem infraestrutura e capacitação.

2.1.3 A interpretação e construção de gráficos no contexto da cinemática a partir de atividades práticas

Gomes [2016] faz um estudo de caso com estudantes do primeiro ano do Ensino Médio, propondo a construção e análise de gráficos a partir de aulas práticas. Sua pesquisa foi limitada ao estudo dos gráficos de cinemática. A análise dos resultados mostra que a maioria dos estudantes adquiriu as habilidades necessárias para a construção e interpretação de gráficos no decorrer do desenvolvimento da atividade.

Camargo Filho *et al.* [2011] investigaram o desempenho de alunos de Licenciatura e Bacharelado em Física, no contexto de produção e interpretação de gráficos aplicados ao estudo da cinemática. Utilizando como metodologia um estudo de caso, fundamentado nas teorias de Duval, Porto e Pozo, foi proposto aos estudantes a construção gráfica e entrevistas. Para os autores, seu trabalho é bastante refinado e mais apurado do que outros publicados anteriormente e que se baseavam no mesmo tema, pois, conforme resultados obtidos em suas pesquisas, foi possível traçar um estudo semiótico da representação gráfica dos estudantes de Física.

Dworakowski *et al.* [2018] desenvolveram uma atividade de estudo com alunos do primeiro ano do Ensino Médio, alicerçada na teoria de Ausubel. Seu trabalho limita-se ao estudo dos gráficos de cinemática. Por meio do jogo Batalha Naval e do uso da Robótica Educacional, com a montagem de carrinhos automatizados, foi desenvolvida uma atividade potencialmente significativa envolvendo a construção e a interpretação gráfica. Segundo os autores, após a análise dos resultados obtidos foi possível concluir que a apropriação do conhecimento dos estudantes nesse conteúdo específico foi satisfatória.

Os trabalhos de Gomes [2016] e Dworakowski *et al.* [2016] contribuem a esta dissertação por apresentarem metodologias ativas no estudo de gráficos de cinemática, vindo ao encontro com a proposta de trabalho que será desenvolvida nesta pesquisa. Por meio do estudo de caso realizado por Camargo Filho *et al.* [2011], percebe-se que há a necessidade de proporcionar novas formas de aprendizagem aos estudantes, visto que a maioria deles tem dificuldade em construir e analisar gráficos cartesianos.

Por meio dessa revisão bibliográfica foi possível ter indicativos que o ensino da Física no Brasil deve passar por uma mudança no sentido da inserção da história dessa ciência nos conteúdos curriculares, pois é sugerido, a partir das pesquisas realizadas na revisão bibliográfica, que os resultados são satisfatórios quando os estudantes têm acesso a este conteúdo, o que melhora o interesse deles por essa disciplina. Porém, os professores ainda encontram dificuldades em ministrar aulas envolvendo a história das ciências. Devido à falta de materiais traduzidos com esses conceitos. Outra mudança importante seria a inclusão da tecnologia educacional, pois ela vem contribuindo de forma relevante ao aprendizado. Ao mesmo tempo em que apresenta resultados satisfatórios, a inclusão da tecnologia educacional como metodologia sofre a carência de investimento material e humano. Por outro lado, é perceptível que vários professores têm se utilizado de materiais de baixo custo para desenvolverem esse tipo de atividade. A aplicação de aulas mais

significativas baseadas em teorias de aprendizagem aumenta o interesse dos estudantes e, conseqüentemente, seu rendimento escolar, tornando-os protagonistas. Para isso, o professor de Física deve procurar ser um pesquisador, pois hoje no Brasil existem muitos materiais compostos com metodologias ativas nessa área de ensino.

3 Fundamentação teórica

Neste capítulo serão descritas as bases teóricas que foram utilizadas no desenvolvimento deste trabalho. As considerações aqui presentes são voltadas ao desenvolvimento de práticas pedagógicas envolvendo a “robótica educacional” e a “história das ciências”, a partir da contextualização dos conceitos e da história dos movimentos.

O capítulo está organizado da seguinte forma: a) robótica educacional: conceito e histórico; b) teoria de aprendizagem embasada no construcionismo de Papert; c) relevância do ensino da história das ciências; d) história dos movimentos; e e) cinemática.

3.1 Conceito de robótica educacional

A robótica educacional teve início com as teorias do construcionismo de Seymour Papert, que defendia a inclusão de computadores e robôs para fins pedagógicos. Muitos autores trazem uma definição do que seria o conceito de robótica educacional.

Para Gomes [2016], a robótica educacional pode ser considerada como um conjunto tecnológico aplicado ao aprendizado do estudante. Para Castilho [2002], a robótica educacional é definida como uma metodologia pedagógica que visa a construção e manipulação de robôs, proporcionando aos alunos um ambiente de aprendizagem onde ele possa se desenvolver por meio de sua criatividade, raciocínio e, principalmente, ter a oportunidade de realizar tarefas em grupo.

Torcatto [2012] define a robótica como um ambiente de aprendizagem que tem por objetivo uma educação pautada em experimentos. Para o autor, a robótica educativa é uma forma viável de promover metodologias de experimentação por meio de projetos, testes curtos e trabalhos em grupo.

Para Rocha [2006], a robótica educacional pode ser definida como um conjunto de recursos que pode promover o aprendizado científico e tecnológico, integrando várias áreas do conhecimento.

Para este trabalho, embasado na literatura, a robótica educacional se define como um ambiente de aprendizagem onde o estudante tem contato com peças, sensores, motores, software e computadores, tendo por objetivo ampliar o seu conhecimento por

meio de atividades mais lúdicas e práticas, mediante da manipulação dos componentes tecnológicos.

Alguns estudiosos, como Castilho [2002], defendem que a robótica educacional, pode possibilitar: a) exploração e investigação de problemas concretos, pois quando o aluno cria e programa o seu robô, são desafiados a pensar e agir de forma organizada; b) desenvolvimento do raciocínio lógico; c) interdisciplinaridade; d) execução de atividades manuais; e) estudo de conteúdos e observações de fenômenos partindo do concreto; f) acessibilidade ao estudo das ciências; g) trabalhos em grupos; h) hábito de um trabalho organizado; i) criatividade; j) protagonismo estudantil voltado a uma aprendizagem mais significativa; e k) aprendizagem com foco na investigação.

A ampliação da robótica educacional proporcionou à educação mundial uma quantidade bastante ampla de kits, softwares, programas computacionais, empresas especializadas e metodologias diversificadas [Azevedo 2017]. Por esse motivo, este trabalho limita-se ao estudo de teorias e implementação de aulas com a utilização do Kit LEGO MINDSTORMS. A justificativa pela escolha desse kit está descrita posteriormente.

3.1.1 História da robótica educacional

Na década de 50, William Grey Walter construiu dois robôs móveis que desenvolviam dois comportamentos: afastavam-se de um obstáculo após a colisão e identificavam pontos de luz. De acordo com Gonçalves [2007], esses robôs tinham interação com o ambiente, já que podiam se aproximar de fontes de luz e afastarem-se de obstáculos.

Esses dois robôs, chamados por ele de “tartarugas”, devido a suas formas semelhantes a esse animal, são considerados os primeiros robôs inteligentes da história. Surgiam assim os primeiros robôs móveis. Na época, sua criação não apresentava muitas utilidades, mas na década de 70 as universidades começaram a estudar com mais ênfase o funcionamento desses robôs [Gonçalves 2007].

As primeiras pesquisas da utilização da robótica no âmbito educacional foram feitas por Seymour Papert. De acordo com Gonçalves [2007], Seymour Papert foi o pioneiro na utilização da robótica para fins educacionais. Ele iniciou seus trabalhos de utilização da robótica educacional com crianças, tendo se inspirado nas tartarugas de

William Grey Walter. Papert utilizou as tartarugas de solo, que eram controladas pelo computador e programadas na linguagem Logo.

A linguagem Logo era uma interface de programação que permitia aos estudantes, por meio de cabos conectados ao computador, criar movimento para a tartaruga. Desse modo, o computador passou a ter pernas, braços e sentidos, por meio dos sensores [Gonçalves 2007]. A trajetória de Papert pode ser descrita como o princípio do uso da robótica no âmbito educacional. Segundo Pontes [2010], a atitude de Papert foi unir o programa Logo à tartaruga, sendo o início do trabalho da robótica na educação.

Segundo Barbosa [2018], a utilização da tartaruga de solo, na década de 80, era difundida em várias salas de aula americanas, mesmo que essa metodologia fosse inovadora para a época. Papert observou que as crianças não se sentiam atraídas pela proposta, pois para ele a Cibernética deveria estar inserida no mundo delas. Ao pensar em uma solução, Papert se junta à empresa Lego, pois para ele a melhor forma de atrair os estudantes a essa nova tecnologia seria a possibilidade de o próprio estudante construir os robôs. Papert [1994] afirma que as crianças gostam de construir coisas, por isso faz-se necessário tornar os modelos cibernéticos montáveis e desmontáveis, assim a criança montará aquilo que surgir em sua imaginação.

Por fim, em 1986, os primeiros kits LEGO/Logo começam a ser utilizados nas salas de aula. Para Papert [1994], o Logo proporcionou aos professores uma oportunidade de ampliar as suas metodologias, trazendo a eles uma oportunidade de aprender e apropriar-se dessa nova tecnologia.

Para Barbosa [2018], Papert influenciou as pesquisas educacionais voltadas à tecnologia, quando propôs a utilização do software Logo como metodologia. A partir da construção dos primeiros kits, a robótica educacional se expandiu para outros países.

No Brasil, na década de 90, os kits LEGO/Logo foram introduzidos na educação inicialmente no ensino superior nas seguintes universidades: UNICAMP, UFAL e UFRGS. A partir desse ponto, a robótica se ampliou e outros brasileiros começaram a pesquisar e implantar a robótica como ferramenta de estudo. As regiões do País que mais se destacam nessa área são o Sudeste, o Sul e o Nordeste [Barbosa 2018].

Aos poucos o uso da robótica foi ampliado para outras regiões brasileiras, como afirma Ragazzi [2013], e cada vez mais a robótica vem se ampliando e sendo inserida nas escolas públicas e particulares do Brasil. Sua utilização vem se expandindo de forma bastante significativa, sendo, inclusive, proposta como uma das competências gerais da nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

De acordo com a nova BNCC, as escolas devem proporcionar ao estudante:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo. [Brasil 2018 p. 9].

Apesar de ter sido implantada há algumas décadas, a robótica educacional mostra-se como uma ferramenta contemporânea, que vem se expandindo em vários países. Por ser um instrumento de ensino que envolve a capacitação de professores, observa-se que sua implementação é bastante lenta na educação brasileira. Para Schumacher [2017], existem alguns empecilhos para a sua implantação, tais como: materiais e infraestrutura. No entanto, a maior barreira encontrada ainda é o professor, que se manifesta inseguro ao utilizar esse tipo de tecnologia. Segundo o autor, pesquisas mostram que os professores não desenvolveram habilidades em lidar com a tecnologia e o País não investe em capacitação. As Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica indicam que é assegurada ao professor a formação para desenvolver habilidades que ainda não foram apropriadas por ele: “[...] o professor deve ser capaz de fazer uso de recursos da tecnologia da informação e da comunicação de forma a aumentar as possibilidades de aprendizagem dos alunos” [Brasil 2002 p. 43].

3.1.2 O construcionismo de Papert

O ser humano pode ser definido com um ser “aprendente” que possui alta capacidade cognitiva. Desde que nasce, ele está aprendendo algo. Essa aptidão permitiu-nos concentrar uma grande quantidade de informações. Mas ter informação não significa ter conhecimento, pois para que isso aconteça, é necessário organizar o que já se sabe, construir novos conhecimentos, para assim poder abarcar as novas informações [Silva 2009]. O conhecimento acumulado por gerações proporcionou à humanidade transformar o mundo e a cada dia, novas tecnologias estão presentes no cotidiano, cabendo-nos desenvolver a habilidade que permita utilizá-las. Conforme afirma Papert:

A habilidade mais determinante do padrão de vida de uma pessoa é a capacidade de aprender novas habilidades, assimilar novos conceitos, avaliar novas situações, lidar com o inesperado. Isso será cada vez mais verdadeiro no futuro: a habilidade de competir tornou-se a habilidade de aprender. [Papert 1994 p. 13].

De acordo com Silva [2009], buscar entender como ocorre a aprendizagem por meio dos processos cognitivos despertou a curiosidade de muitos estudiosos que, no decorrer dos anos, desenvolveram as “teorias de aprendizagem”, tornando possível, por meio dessas, adequar melhor as práticas pedagógicas que visam gerar o conhecimento. Após a análise e leitura de algumas teorias de aprendizagem, aquela que mais se adequou à proposta deste trabalho foi a Teoria do Construcionismo, idealizada por Papert.

Para Pontes [2010], a aprendizagem efetiva acontece quando o estudante tem a oportunidade de trazer para a realidade aquilo que constrói mentalmente, o que ele chamou de Construcionismo. Em seu livro *A máquina das crianças - Repensando a escola na era da informática*, de 1994, Papert relata como foi a introdução da tecnologia voltada à educação.

Segundo Silva [2017], para Papert, o Construcionismo tem sua raiz no construtivismo de Piaget (por muitos anos, os dois trabalharam juntos). O conhecimento seria construído, seria possível trazer à realidade o pensamento cognitivo, mesmo que de forma computacional. Para ele, tornar físico o que se pensa de forma abstrata permite ao estudante aprender com mais significado. Papert [1994] relata que sempre buscou propor metodologias em que o estudante possa aprender sendo criador, em vez de consumidor do conhecimento.

Papert enfatiza que Piaget trouxe muitas contribuições à educação com sua teoria construtivista, mas, para ele, Piaget valorizou o pensamento abstrato como forma de aprendizagem, não considerando metodologias facilitadoras da aprendizagem por meio de pensamentos concretos [Ferreira 2005]. Papert e Piaget defendiam que o estudante deve ter o domínio de sua própria aprendizagem, mas discordavam quanto aos métodos. Piaget dava enfoque ao abstrato, enquanto Papert defendia que a aprendizagem efetiva se dá por meio do que é concreto. Segundo Ferreira [2005], Papert foi o precursor do uso de tecnologias para a educação, possibilitando ao estudante aprender conteúdos abstratos por meio de simulações concretas.

Tais simulações eram feitas com o auxílio da linguagem Logo, onde o estudante programava as ações a serem desenvolvidas por um robô (tartaruga). Desse modo, eles programavam as ações e poderiam visualizar a ação da tartaruga [Ferreira 2005]. A linguagem Logo foi projetada e pensada na perspectiva de que o aluno é o sujeito da construção de seu conhecimento. Isso se reflete em mudanças no paradigma tradicional de ensino que conhecemos, principalmente devido à nova postura dos sujeitos: o aluno e o professor [Ferreira 2005].

Nessa nova proposta de aprendizagem, o professor passa a ser mediador do conhecimento e não mais o detentor do saber, visto que o uso de tecnologias proporciona aos estudantes a possibilidade de resolver problemas e superar desafios. Conforme Ferreira [2005], superar desafios forma competências cognitivas que o estudante poderá utilizar em todas as áreas de sua vida.

Segundo Papert [1994], transformar a ciência em algo mais concreto nos permite meios mais ricos e lúdicos de pensar o conhecimento, transformando a epistemologia do verdadeiro/falso que está embasada em autoridade e em formas diversas de pensar. Papert defende a pedagogia da pergunta, que só pode ser alcançada quando o estudante tem curiosidade em saber um determinado conteúdo.

Papert [1994], em seu livro, ressalta que a robótica educacional (RE) é uma ferramenta que aguça a curiosidade dos estudantes, tendo como objetivo propor uma educação mais igualitária e realmente significativa. Ele investiu anos em pesquisas da aplicação da RE e defende a ideia de que o uso da tecnologia propõe ao aluno: construir, associar, auto avaliar, discutir, criar e ter uma concepção mais concreta do mundo.

Como afirma Barbosa *et al.* [2018], Papert permitiu, por meio de seus estudos, trabalhar modelos e conceitos a partir do uso da tecnologia. Suas ideias são inovadoras e nos possibilitaram a construção de espaços educacionais em que o conhecimento surge a partir de práticas que envolvem a construção e verificação de conceitos embasados em atividades concretas. Papert, por meio de seu trabalho, transformou a educação em algo mais concreto e significativo, tendo em vista, que a RE é um recurso importante para o desenvolvimento cognitivo do aluno. Rocha [2006] afirma que a robótica é um processo de mudança da educação, onde o aluno é o protagonista de seu conhecimento, além disso, nessa proposta de ensino existe mais diálogo, cooperação, dúvidas, interação e uma significação maior do que é estudado pelo estudante.

Para Papert, o conhecimento significativo ocorre quando o estudante consegue transformar o abstrato em concreto. Papert [1994], em seu livro *A máquina das crianças - Repensando a escola na era da informática*, afirma que a palavra “aprender” deveria ser substituída por “princípios para resolver problemas”. Ele faz uma análise da educação, por meio da qual destaca que a escola ensina mais sobre números e gramática aos seus estudantes do que a pensarem. Para ele, a boa prática pedagógica deve partir de atividades ocupacionais onde o estudante simula, brinca, aprende, pensa, constrói e debate, enfim, cria suas próprias ideias e estabelece o seu próprio conhecimento [Papert 1994].

Papert [1994] destaca, em um dos capítulos de seu livro intitulado *Instruccionismo versus Construccionismo*, que a prática pedagógica deve alinhar-se a propostas educacionais mais concretas e menos abstratas. Conforme o autor, os modelos epistemológicos atuais de educação que valorizam o abstrato não contemplam a aprendizagem por meio de atividades, onde o estudante possa construir conhecimento partindo do concreto. Para ele, é necessária uma inversão de ideias, onde o progresso intelectual consiste em passar do concreto para o abstrato, e não do abstrato para o concreto.

Esses diagnósticos sobre modelos de educação fundamentados no abstrato são relatados por Papert [1994] em seu livro, a partir de observações feitas por ele em aulas ministradas nas escolas americanas. Papert descreve que o ensino está fortemente embasado nas práticas pedagógicas que dão ênfase ao conhecimento abstrato. Ao fazer a análise de como as metodologias que se baseiam em ensinar conteúdos abstratos, ele identificou que essa forma de ensinar não resulta em uma aprendizagem com significado para a maioria dos estudantes.

Propondo aprimorar a aprendizagem dos estudantes, ele decidiu inserir a tecnologia na educação, sugerindo assim, um novo modelo epistemológico intitulado por ele de Construcionismo. Nesta proposta, estudante tem a oportunidade de aprender os conteúdos abstratos por meio do concreto (uso de robôs e computadores). Conforme afirma Papert [1994], é necessário que as metodologias de educação permitam ao professor estar cada vez mais próximo de situações concretas.

Em sua hipótese construccionista, Papert [1994] defende que, mesmo a sua teoria sendo minimalista, ela não deve ser dispensável, visto que a sua meta é ensinar o estudante a produzir a sua própria aprendizagem, com o mínimo de conteúdo abstrato. Ele afirma também que precisamos aprender a lidar com o novo, e que estes desafios somente podem ser vencidos a partir do momento em que adquirimos novas habilidades. O autor também afirma que o estudante deve aprender a solucionar problemas e não sobre respostas certas ou erradas.

Papert [1994] propõe projetar uma nova disciplina que para ele faria mais sentido à educação, e esta disciplina surgirá aos poucos nas escolas e será um processo de motivação, construção e colaboração. Em sua definição, essa disciplina será chamada de “engenharia de controle” ou até mesmo “robótica”. Essa nova disciplina trará aos estudantes um comportamento afetivo, mais íntimo com o que aprende, e a epistemologia será mais leve e pluralista [Papert 1994).

3.1.3 Importância da robótica e do construtivismo de Papert para este trabalho

O uso da robótica educacional, por meio do construtivismo de Papert, pode contribuir ao ensino da ciência, visto que ela possibilita ao estudante aprender os conteúdos por meio de uma proposta que parte do concreto para aprender o abstrato. Após a análise referente à importância do uso da robótica e da teoria construtivista, cita-se algumas dessas contribuições que podem ser pertinentes à proposta deste trabalho:

a) A robótica educacional como ferramenta para a formação de valores e atitudes

Ao desenvolver aulas que utilizam a robótica educacional, é sugerido ao professor que essas sejam realizadas em grupo. Essa prática faz com que os estudantes aprendam a trabalhar em equipes, lidar com as diferenças, solucionar problemas e expor suas opiniões [Gomes 2016].

b) A robótica educacional como motivadora ao uso da tecnologia voltada ao conhecimento

A revolução tecnológica alterou os padrões culturais, e essa tecnologia tem grandes potencialidades na educação, pois por meio dela é possível propor métodos de ensino mais conexos aos interesses dos estudantes [Campos 2017].

c) A robótica educacional como instrumento para um aprendizado com significado

A tecnologia proporciona ao estudante aprender conteúdos que tragam a ele significado. A partir da robótica, o estudante passa não somente “aprender-sobre”, mas sim “aprender-com”, por meio de montagens e observações [Bastos 2010].

d) A robótica educacional como facilitadora da aprendizagem de ciências

A robótica educacional propicia ao estudante o desenvolvimento de potencial criativo, por meio de atividades que permitam observar, discutir, analisar e produzir, mostrando a ele uma ciência palpável que posteriormente poderá levá-lo a compreender os conteúdos com maior complexidade [Bastos 2010].

e) A robótica educacional como proposta de uma metodologia em que o professor se torna mediador do conhecimento

A utilização de tecnologias educacionais transforma o papel do professor, que se torna o mediador do conhecimento, visto que a robótica educacional proporciona ao estudante trabalhar por meio de problematizações, onde ele, de forma autônoma, pode buscar soluções [Gomes 2016].

f) A robótica educacional como forma de facilitar o conhecimento científico

A utilização da robótica educacional viabiliza ao estudante a incorporação do raciocínio lógico e análise de resultados, favorecendo o aprendizado intelectual do aluno por meio de experimentação, estreitando o caminho entre o conhecimento empírico e científico. A partir disso, ele será capaz de dominar diferentes conceitos das áreas de ciências [Gomes 2016].

g) A robótica educacional como ferramenta para o ensino da Física por meio de experimentação

A Física é uma disciplina que apresenta aspectos culturais, filosóficos, matemáticos e teóricos, mas sua principal característica é ser uma ciência com base em experimentação. Portanto, o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino é fundamental no ensino dessa disciplina. A partir da robótica educacional é possível propor esses experimentos, fazendo com que o ensino teórico tenha concordância com o ensino experimental [Rabelo 2015].

3.2 A história das ciências e a sua contribuição no ensino de ciências

Esta seção trata acerca da importância de incluir a história das ciências no conteúdo do Ensino Médio, pois, por meio de seu estudo é possível desmitificar alguns paradigmas que são trazidos pelos estudantes embasados no senso comum, a respeito das ciências e dos cientistas.

3.2.1 *A história das ciências no âmbito educacional: um pouco de seu histórico*

A partir da década de 50, alguns estudiosos, como Matthews e Duschel, começam a publicar trabalhos que defendiam a inclusão da história nas aulas de ciências, consolidando um campo de pesquisa que tem por objetivo estudar as potencialidades da história das ciências no âmbito educacional [Prestes 2009].

Com base nas referências de Prestes [2009] e Matthews [1995], descreve-se a seguir um pequeno histórico da inserção do ensino da história das ciências no mundo, dando destaque a sua implementação no Brasil.

Em documentos oficiais, a orientação para inserir nos currículos o estudo das ciências aconteceu nos EUA, Brasil, Holanda, Dinamarca, Itália, Espanha e Alemanha, de acordo com Pumfrey [1991 *apud* Prestes 2009 p. 4].

O Brasil tem como base os documentos oficiais americanos [Matthews 1995] e, em linhas gerais, essa orientação norteia que alfabetização científica pode ser alcançada quando se faz uso da história das ciências. El-Hani [2006] observa que os documentos norteadores dessa proposta no Brasil, apesar de serem citados nos PCN, não compreendem essa abordagem contextual, sendo possível perceber que neles não há uma proposta no ensino da ciência voltada para a contextualização. El-Hani [2006] critica inclusive a Academia Brasileira de Ciências, que em 2007 lançou o documento intitulado *O ensino de ciências e a educação básica: propostas para superar a crise*, onde este não consta uma proposta voltada à contextualização da ciência.

3.2.2 A história das ciências e o cenário atual da educação científica brasileira

A inclusão da história das ciências na educação brasileira, como forma de aprendizagem voltada à construção do conhecimento científico, como já explanado está indicada nos PCNs: “a filosofia da ciência tem maior importância, para o professor, na construção de sua concepção de ciência, com reflexos na hora de abordá-la em sala de aula” [Brasil 2006 p. 64]. Esta citação extraída do documento, conforme alega El-Hani [2006], é bastante vaga. Em consequência disso, há falta de pesquisa e de materiais que norteiem a implementação do ensino das ciências, evidenciando uma educação voltada à aprendizagem sem significação.

Conforme afirma Alves [2019], nas salas de aula observa-se que o estudo da história das ciências é pouco abordado. Para ele, os motivos estão relacionados à formação inadequada de professores, escassez de materiais, número de aulas insuficientes e currículo voltado a provas de vestibulares. Matthews [1995] traz outras implicações referentes à inclusão da história a ciência, pois para ele essa prática somente pode ser satisfatória quando o professor tem conhecimento de sua disciplina, compreensão da história e da filosofia e referenciais para se embasar.

Neves [1998] critica a educação atual, quanto às metodologias utilizadas na educação científica em todos os graus, inclusive a formadora de pesquisadores. Segundo ele, essa metodologia não contempla a história das ciências, mas acentua uma ciência dogmática em sua pseudo-essência. Para El-Hani [2006], a formação de professores limita-se aos aspectos teóricos e práticos, não fornecendo referenciais sobre a história das ciências.

Quanto às referências encontradas na escola do Ensino Médio, Peduzzi [2005] menciona que os livros didáticos negligenciaram o estudo da história das ciências, pois para ele estes explanavam uma ciência voltada somente a aspectos que envolvem conceitos, lei e teorias, trazendo uma ideia distorcida da ciência, fazendo o estudante pensar que ela é algo estático e concluído. Para o autor, esse tipo de ensino tem por consequência a falta de interesse dos estudantes.

Reafirmando o que foi exposto até então, Souza [2008] e Peduzzi [2015] defendem que os livros didáticos trazem uma ciência voltada a conceitos prontos, induzindo a crença que a ciência é algo objetivo e exato. Para Souza, essa ideologia surgiu

após a Segunda Guerra Mundial, e mesmo hoje, em uma era tão tecnológica e globalizada, ainda estamos formando estudantes de ciência com pensamentos tecnocráticos.

Apesar das transformações sociais e tecnológicas que ocorreram devido ao avanço do conhecimento científico, os currículos de ciências permaneceram os mesmos, trazendo uma prática educacional retratando a ciência como algo desconectado da sociedade [El-Hani 2006].

3.2.3 A história das ciências e seu papel na educação

Como já descrito, a prática educacional que não contempla o estudo da história das ciências pode levar ao desinteresse e desmotivação dos estudantes para essa área de ensino. Mesmo sendo sugerida e considerada importante, a história das ciências ainda é pouco abordada nas escolas brasileiras. Para Martins [2006], essa metodologia esbarra em três entraves: a) carência de professores especializados, devido à falta de cursos para essa área; b) material didático que não aborda a história das ciências; e c) equívocos a respeito da história das ciências. Para o autor, o terceiro item é o mais importante, visto que, para aplicar o ensino da história das ciências, é necessário haver uma preparação adequada, caso contrário, essa explanação se torna uma sequência de fatos sem fundamentos e de histórias falsas.

Segundo Matthews [1995], a história das ciências pode proporcionar ao estudante uma formação crítica a partir de aulas mais desafiadoras e reflexivas, contribuindo para a superação de aulas onde equações são decoradas sem apresentarem alguma significância ao estudante. Partindo do pressuposto de que o papel da educação é formar estudantes com pensamento crítico, inseridos na sociedade, é relevante que as práticas pedagógicas no ensino da ciência estejam mais voltadas a entender a ciência como algo construído por meio de erros e acertos. Como afirma Alves [2019], a ciência deve ser considerada uma prática social e cultural, não algo atemporal com teorias que surgiram da “cabeça” de cientistas totalmente afastados da sociedade.

Por fim, as abordagens contextuais no estudo das ciências, podem contribuir para: humanizar da ciência, estimular o raciocínio, promover a compreensão de conteúdo, proporcionar uma formação mais adequada aos professores e ajudar os professores a compreender melhor as dificuldades dos estudantes [El-Hani 2006].

3.2.4 Importância do ensino da história das ciências para este trabalho

A história das ciências pode contribuir ao ensino da ciência, visto que ela possibilita ao estudante conhecer os aspectos culturais, sociais e humanos, resgatando a evolução dos conceitos que eram considerados em sua época como corretos e que hoje não passam de senso comum [Soares 2010]. Após estudos referentes à importância de inserir ao conteúdo a história das ciências, cita-se algumas dessas contribuições que podem ser pertinentes à proposta deste trabalho.

a) A história das ciências como formadora dos conceitos científicos

É possível levar o aluno a compreender que a construção de teorias para explicar fenômenos naturais passou por transformações ao longo do tempo, o que mostra que a elaboração de conceitos científicos passa por processos complexos [Porto 2009a].

b) A história das ciências como construção humana

A partir das reflexões sobre a construção do conhecimento é possível mostrar uma ciência mais humana, que foi construída por pessoas normais e não por “semideuses”, aproximando a ciência, desse modo, dos interesses pessoais dos estudantes [Matthews 1995]. Conforme afirma Prestes [2009], introduzir a história das ciências na educação, por meio de um exame da vida e época em que viviam os grandes estudiosos da ciência, é algo possível.

c) A história das ciências como ferramenta para a significação da disciplina de Física

Ao inserir nos conteúdos curriculares a história das ciências, é possível desenvolver o pensamento crítico e reflexivo, afastando o aluno de uma ciência de equações e leis sem sentido [Matthews 1995].

d) A história das ciências como construção do pensamento científico

Os estudantes têm dificuldades em entender os conceitos estudados em Física e, a partir da sua história, é possível compreender que essa dificuldade também foi obstáculo na construção da ciência, que se estabeleceu a partir de erros e acertos. Por meio dessa perspectiva, é possível desenvolver no aluno o pensamento científico, a partir das suas concepções baseadas em senso comum [Prestes 2009].

e) A história das ciências e o método científico

A inclusão da história das ciências pode corroborar para o desenvolvimento do pensamento científico, por meio de práticas que utilizem métodos científicos como o desenvolvimento de atividades experimentais, que propõem ao estudante interpretar e analisar resultados [Souza 2008].

f) A história das ciências para desmitificar sua exatidão

O senso comum faz com que os estudantes imaginem uma ciência com conceitos prontos e acabados. A partir da história é possível desmitificar essa concepção mostrando ao estudante a mudança de conceitos científicos do decorrer do tempo [Souza 2008]. De acordo com Prestes [2009], a história das ciências tem um papel importante ao neutralizar cientificismo e dogmatismo que ainda são encontrados em matérias de ciências.

A proposta de ensino elaborada para este trabalho procura citar episódios históricos a partir de uma concepção evolutiva de teorias. Nessa perspectiva, espera-se que os estudantes possam vivenciar uma ciência humanizada pautada em tentativas, levando-os a compreender melhor o papel dos cientistas e das ciências.

A partir do que foi exposto anteriormente, é possível compreender que história das ciências pode contribuir para uma educação pautada em ética e valores, onde os estudantes possam encontrar significado no que aprendem. Compreendendo a imensidão de conceitos históricos, a proposta deste trabalho se limita ao levantamento histórico do estudo dos movimentos a partir da física Aristotélica e Galileana.

3.3 Teorias sobre movimento no decorrer da história

A história da ciência vem sendo abordada por alguns pesquisadores, tais como Peduzzi [2005], Campos e Ricardo [2012] e Porto [2009a], como uma ferramenta fundamental à compreensão do ensino da Física no Ensino Médio. A subseção a seguir relata as hipóteses criadas para explicar os movimentos, desde a teoria criada pelo filósofo Aristóteles até o conceito de inércia elaborado por Galileu.

3.3.1 Movimento, segundo Aristóteles

Aristóteles (384-322 a.C.) foi um filósofo grego considerado por muitos historiadores como um dos pensadores mais influentes na história da ciência. Por meio de suas observações empíricas, ele procurou explicar os fenômenos naturais ocorridos na Terra e no espaço, e propôs várias teorias, inclusive a dos movimentos dos corpos. Para Peduzzi [1996], o tema da Física aristotélica pode contribuir de forma significativa para compreender as concepções prévias dos estudantes em relação aos movimentos, como por exemplo, a ideia de que não existe movimento sem força.

Segundo Koyré [1982], a física aristotélica deve ser vista como uma teoria científica embasada em uma análise profunda das observações cotidianas. É possível associar essa teoria ao senso comum dos alunos, propondo a quebra de paradigmas, como o de que não existe movimento sem força ou que a força constante é igual à velocidade constante.

As teorias criadas por Aristóteles para explicar os fenômenos naturais são bastante abrangentes. Por isso este trabalho limita-se a abordar a teoria do movimento desenvolvida por ele, até chegar às hipóteses de Galileu. Em suas concepções de movimento, Aristóteles defendia que o espaço era formado de uma substância imutável chamada de “quinta essência” ou “éter”, um elemento transparente, sem peso e incorruptível, por isso o espaço era sempre o mesmo. Baseado nas teorias de Empédocles, ele acreditava que os elementos que compunham a Terra eram formados por: terra, água, ar e fogo, por serem corruptíveis e sofrerem transformações. Vale ressaltar que, para Aristóteles, o conceito de movimento era mais amplo do que o utilizado hoje; para ele qualquer transformação caracteriza movimento, por exemplo, uma semente que se

transforma em árvore, um ser humano que cresce, uma pedra que cai. Segundo Campos [2012], na Física aristotélica os corpos estão em movimento até que alcancem a perfeição.

De acordo com Campos [2012], para Aristóteles os quatro elementos possuíam lugares específicos naturais na seguinte ordem: embaixo, a terra, depois a água, em seguida, o ar e, por último, o fogo, conforme ilustrado na Figura 1.

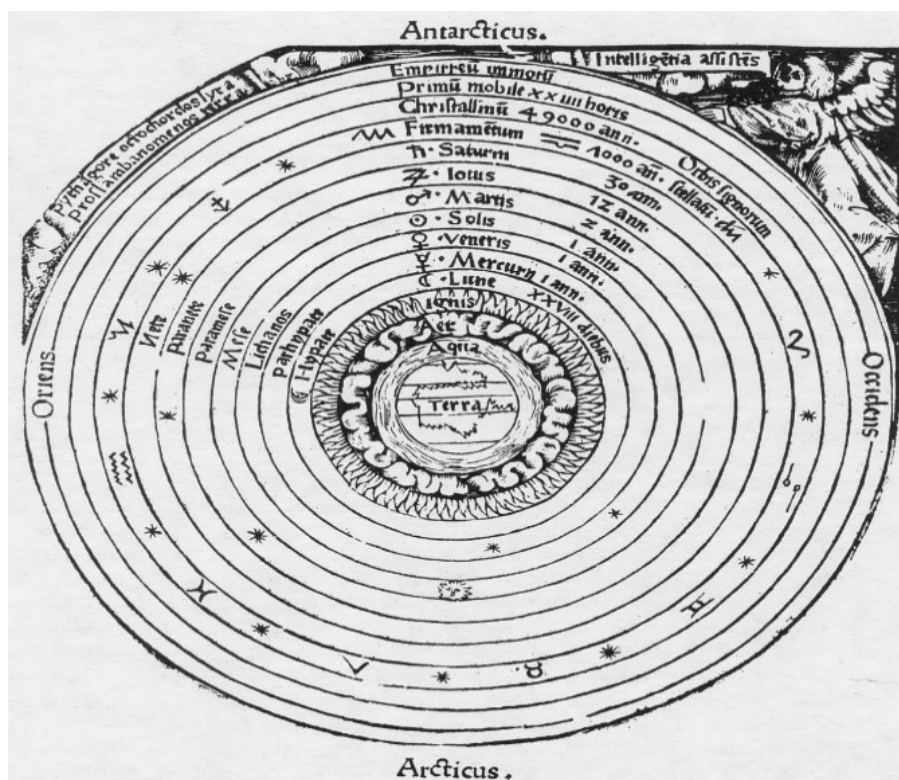


Figura 1 - Modelo do universo aristotélico

Fonte: Kaled [2014].

Essa ordem dos quatro elementos se deve aos seus “pesos”, pois para Aristóteles tudo o que existe na Terra se forma da combinação de terra, água, ar e fogo, em diferentes porcentagens, o que define também o “peso” de cada material [Porto 2009a]. Desse modo, devido aos “pesos”, os corpos se movimentam para irem aos seus lugares naturais, por exemplo, a fumaça é leve, por isso sobe, uma pedra é pesada, por isso desce. Outra percepção de Aristóteles foi a crença de que corpos mais pesados chegam ao solo antes do que corpos mais leves. Por exemplo, se abandonarmos duas pedras de diferentes pesos, a mais pesada atinge o solo antes de uma pedra mais leve. Para ele, o movimento de subida da fumaça e descida da pedra são movimentos naturais, assim como o movimento circular feito pelos astros conhecidos na época.

Aristóteles desenhava um universo perfeito, harmonioso e hierárquico, onde tudo tem o seu lugar natural. Assim, ele explicou o movimento de uma pedra que, ao ser abandonada, naturalmente busca o seu lugar, também dessa forma explica um corpo em repouso, pois para ele isso acontece porque o corpo se encontra em seu lugar natural. Em suas observações empíricas, Aristóteles afirmou que:

É razoável que todo corpo seja levado a seu lugar próprio; [...]. Não é, tampouco, sem razão que cada corpo permaneça por natureza em seu lugar próprio; um corpo possui, com o conjunto do lugar que lhe é próprio, uma afinidade análoga àquela que uma parte, destacada de seu todo, guarda com seu todo. O em cima não é qualquer coisa, mas o lugar para onde se dirigem o fogo e o que é leve; e, igualmente, o embaixo não é qualquer coisa, mas o lugar para onde vão as coisas pesadas e feitas de terra. [Aristóteles 1850 p. 291 *apud* Porto 2009a p. 4605].

Para Aristóteles, é por esse motivo que a Terra estava em repouso no centro do Universo, pois ela já encontrou o seu lugar natural. Com essa concepção, é possível perceber que Aristóteles acreditava em um universo finito [Porto 2009a].

A teoria aristotélica não apenas explicitava os movimentos naturais, mas também propunha definir os movimentos violentos ou forçados, ou seja, aqueles com a aplicação de força, como por exemplo, tirar uma pedra do chão. Para ele é impossível a existência de movimento sem força e sem resistência. Logo, o movimento no vácuo não existe, princípio esse chamado de “horror do vácuo”, assim, a natureza sempre age de forma a evitar o vácuo. A falta de resistência faria um corpo atingir uma velocidade infinita. Portanto, é possível compreender que para Aristóteles a velocidade de um corpo dependesse da força aplicada e da resistência sofrida por ele [Peduzzi 1996].

Segundo Peduzzi [1996], por meio das teorias de Aristóteles é possível concluir que: a) se a força e a resistência que atuam em um corpo em movimento for constante, ele terá velocidade constante; b) a velocidade depende da força aplicada, logo, quanto maior a força, maior será a sua velocidade; c) se a resistência que atua em um corpo em movimento for constante, mas sua força variável, ele terá velocidade variável; d) quando uma força for aplicada em um corpo, ele entra em movimento; e) só existe movimento quando o corpo está imerso em um meio material, é impossível o movimento no vácuo, logo, o vácuo não existe.

Em suas observações, Aristóteles constatou que nem sempre a força aplicada gera movimento, então propôs que um corpo só entra em movimento se a força aplicada sobre ele for maior do que a resistência do meio onde ele se encontra [Peduzzi 1996].

3.3.2 *Distinções entre o movimento natural e movimento violento*

Para Aristóteles, uma pedra, ao ser abandonada, cai, pois deve encontrar o seu lugar natural. Por ser pesada, esse lugar corresponde ao centro do Universo, que para ele coincide com o centro da Terra, e a pedra somente não se desloca até o centro, por ser impedida pelo chão. Mesmo que não existisse a Terra, a pedra iria se movimentar até o centro do Universo. Conforme Porto [2009a p. 4605], para Aristóteles, se a Terra ocupasse o lugar da Lua, ao se abandonar uma pedra ela iria para o centro do universo e não para onde a Terra está agora.

Por meio de sua afirmação, é possível notar que para ele era impossível existir uma interação de força de campo entre as duas, ou seja, a Terra não tem influência na queda da pedra. Assim, movimentos naturais não são realizados por meio de forças. Segundo Porto [2009a], Aristóteles afirmava que para que um corpo entrasse em movimento, era necessário que a força aplicada seja de contato, era inadmissível a ideia de força de campo.

Na teoria aristotélica, o meio em que se encontra o objeto cria uma resistência ao movimento natural e, no caso da pedra, essa resistência se dá pela influência do ar, pois quanto mais denso o meio, maior será a resistência [Peduzzi 1996]. Devido à tendência de os corpos pesados irem ao centro do Universo, para Aristóteles, baseado em sua experiência empírica, a Terra está em seu lugar natural, em consequência disso, ela se apresenta em repouso [Porto 2009a].

Já o movimento violento, ou seja, aqueles que não são espontâneos ou naturais, ocorrem com a aplicação de uma força e, assim que se cessa a força, finda-se o movimento. Por exemplo, ao empurrar uma caixa com força maior do que a resistência do meio, ela entra em movimento, mas ao interromper a aplicação de força ela volta ao repouso [Peduzzi 1996].

Para explicar o lançamento de um projétil, no qual a força violenta para de existir, mas o projétil continua o seu movimento, Aristóteles propôs que nesses casos o projétil, ao entrar em movimento, ocupa o lugar do ar, que por sua vez ocupa os espaços vazios (horror do vácuo), empurrando o projétil para frente, sendo que, no decorrer do movimento, o ar vai ficando menos denso, diminuindo a sua força de ação e fazendo o projétil ficar em repouso. Quando menor a velocidade do projétil, menor será a influência do ar [Peduzzi 1996], conforme ilustrado na Figura 2.

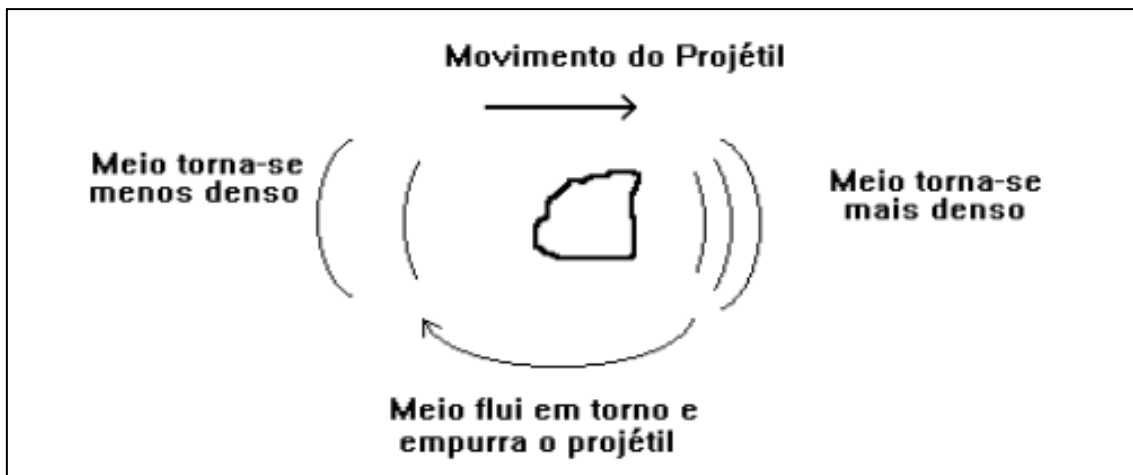


Figura 2 - Movimento de um projétil e sua relação com o meio

Fonte: Peduzzi [1996].

O modelo empírico proposto por Aristóteles para explicar os fenômenos da natureza deve ser abordado e discutido com os estudantes, pois por meio dele é possível mostrar a influência desse pensador na construção do pensamento científico. Além disso, é importante abordarmos a influência do senso comum quando tentamos explicar um fenômeno natural [Soares 2010].

Segundo Peduzzi [1996], as concepções prévias mostram que estudantes de mecânica compreendem que força constante é igual à velocidade constante. Para desmitificar esses conceitos empiristas e ajudar o estudante a compreender a importância do conhecimento científico, é imprescindível ao ensino da Física a inserção de sua história.

3.3.3 *As contradições das teorias aristotélicas*

Hiparco (190 - 120 a.C.) foi um astrônomo grego que propôs uma nova teoria para explicar a queda dos corpos e o lançamento oblíquo. Em seus estudos, posteriores aos de Aristóteles, ele divergiu da dinâmica aristotélica referente aos movimentos verticais [Peduzzi 2015]. Segundo Hiparco, quando um projétil é lançado obliquamente, ele absorve a força do corpo que o lançou, desse modo, sua velocidade inicial de arremesso é alta e, com o passar do tempo, a força absorvida diminui e, em consequência, a sua velocidade também se reduz.

De acordo com Peduzzi [2015], para explicar o movimento de um corpo lançado verticalmente para cima, ele afirma que quando o corpo é arremessado ele recebe uma força que o projeta e, enquanto ela for maior do que a sua tendência de retornar ao solo,

o corpo sobe, e quando a força para baixo se tornar menor, o corpo começa a cair, conforme exemplificado na Figura 3.

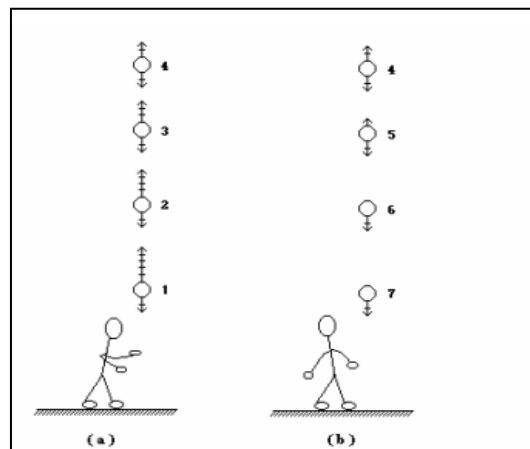


Figura 3 - Representação das forças de um lançamento vertical para cima de um móvel, segundo a teoria de Hiparco

Fonte: Peduzzi [2015].

Quando um corpo é abandonado de uma determinada altura, a força que sustenta o corpo no ar é absorvida por ele, sendo ela responsável pelo seu estado de repouso. No entanto, a medida que ele cai, essa força se reduz e a força-peso faz com que o objeto ganhe velocidade [Peduzzi 2015], conforme a Figura 4.

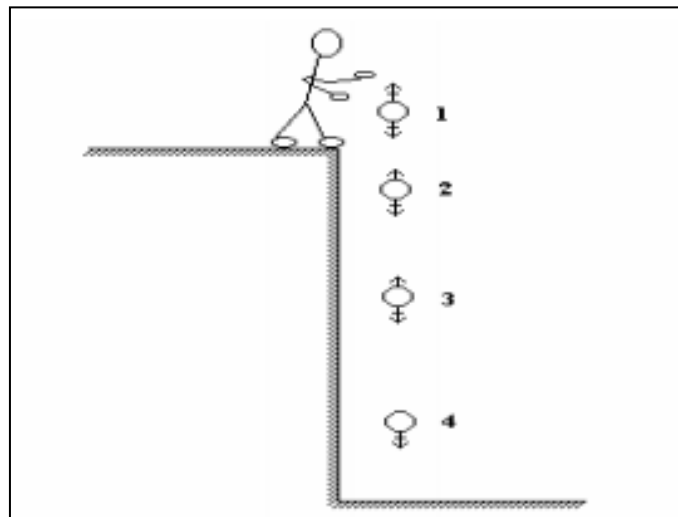


Figura 4 - Representação da força de um corpo abandonado de uma determinada altura segundo a teoria de Hiparco

Fonte: Peduzzi [2015]

Segundo Peduzzi [2015], outro filósofo que discordava da física aristotélica era João Filopono de Alexandria (490 – 570 d.C.). Seus estudos sobre movimento

contradizem as teorias de Aristóteles, afirmando que seria impossível o ar executar um movimento retornando para trás de uma pedra ou flecha, fazendo com que este corpo ganhasse velocidade. Segundo Évora [1988], Filopono argumenta que a influência do ar no deslocamento de uma flecha dependeria da realização de três movimentos, inicialmente o ar deve ser empurrado para a frente pela flecha, depois deve deslocar-se para trás e, por fim, deve deslocar-se para frente novamente.

De acordo com Peduzzi [2015], Filopono, de maneira similar a Hiparco, acreditava que o movimento somente é possível com a presença de uma força. Para ele, essa força vem do lançador do projétil, e o ar aplicaria uma força de resistência a esse movimento. Em sua lei dos movimentos, tem-se que:

$$v \propto (F - R) \quad (1)$$

Onde: v é a velocidade, F a força aplicada pelo lançador e R a força de resistência do ar. Conforme essa relação matemática, seria possível existir o vácuo, pois mesmo não existindo a força de resistência, a velocidade de um corpo seria proporcional à força recebida pelo lançador, que com o tempo se extingue e o móvel perde velocidade.

Peduzzi [2015] cita ainda, sobre a queda dos corpos, que nas proximidades da superfície da Terra, Filopono também contradizia a teoria de Aristóteles. Esta última afirma que objetos abandonados de mesma altura caem com tempos diferentes, os mais pesados chegam primeiro ao chão, quando comparados com corpos mais leves. Filopono, por meio de experimentos, constatou que o tempo de queda não é inversamente proporcional ao peso dos corpos, e que estes caem ao mesmo tempo ao solo, ou com diferenças de tempos muito pequenas. Sendo que este experimento de queda livre pode ser considerado historicamente o primeiro a ser relatado.

Segundo Peduzzi [2015], outro filósofo a discordar das teorias aristotélicas foi o árabe Avicena (980 – 1037 d.C.). Ele defendeu a ideia que ao lançarmos um objeto, ele absorve a força recebida e ela vai se extinguindo, devido à resistência do meio em que se encontra o objeto, até que ele entre em estado de repouso. Segundo a sua teoria, o corpo só perde essa força devido à resistência do ar. Então o vácuo não deveria existir, pois caso isso fosse possível, o móvel não iria parar o seu movimento, ou seja, descreveria um movimento perpétuo em linha reta.

Avampace (1106 d.C. - 1138 d.C.), um estudioso árabe, defendeu a lei dos movimentos criada por Filopono ($v \propto (F - R)$) discordando de Aristóteles, que

afirmava “ar é favorável ao movimento, e não resistente a ele”. Segundo Avampace, o movimento no vácuo seria possível, seguindo as teorias de Filopono, ele cita como exemplo de movimento perpétuo os corpos celestes [Peduzzi 2015].

O francês Jean Buridan (1300-1358), em suas hipóteses sobre o movimento chamado Teoria do *Impetus*, foi bastante crítico à filosofia aristotélica. Utilizando-se de exemplos práticos do cotidiano, o francês questionou o modelo de movimento de Aristóteles, que afirmava que o ar era responsável por fazer um corpo se movimentar. Em um de seus exemplos, Buridan fala a respeito das embarcações que se movimentam contra a corrente e, que segundo Aristóteles, isso acontece devido ao ar que as impulsiona. Segundo Évora [1988], Buridan afirma que quando um marinheiro está em um convés, ele sente somente o ar que vem contrário ao seu movimento, e não sente o ar atrás dele, o empurrando.

Segundo a Teoria do *Impetus*, quando um corpo é lançado, ele recebe a sua força de movimento do lançador, ou seja, adquire um *Impetus* (força motriz) que o faz se mover. No entanto, este diminuiu no decorrer do tempo, sendo que a característica do movimento depende de como foi o seu lançamento (velocidade, direção e sentido). O meio em que se encontra o projétil produz nesse uma força resistente ao movimento. Como afirma Clagett [1961 *apud* Cunha 2000], para Buridan, o *Impetus* aplicado a um corpo pode variar devido à velocidade e à sua quantidade de matéria. Portanto, o *Impetus* é uma característica do próprio corpo, mas pode ser destruído pela resistência do ar [Clagett 1961 *apud* Cunha 2000]. A Figura 5 representa a Teoria do *Impetus* e sua relação com a força resistente.

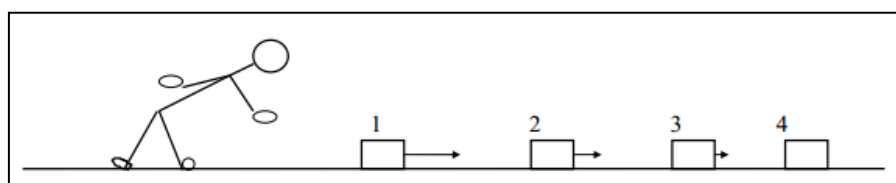


Figura 5 - Representação da força resistente

Fonte: Peduzzi [2015].

A Figura 5 mostra que o corpo é arremessado horizontalmente e as flechas representam o *Impetus*. Conforme Peduzzi [2015], a Teoria do *Impetus* criada por Buridan pode ser resumida da seguinte forma: o *Impetus* é uma característica permanente do corpo, sua dissipação acontece por fatores externos, como gravidade e resistência do ar, logo, o vácuo não existe, pois, caso contrário, o corpo se moveria indefinidamente.

Para explicar o movimento de queda dos corpos, já que este, em vez de decrescer a velocidade como acontece com o lançamento horizontal, aumenta a velocidade até atingir o solo, ele afirmou que, ao abandonarmos um corpo na vertical, este adquire o *Impetus* à medida que vai se deslocando para baixo, e a quantidade de *Impetus* absorvida vai aumentando, então o corpo cairá de forma acelerada. As forças envolvidas nesse movimento são: força da gravidade, resistência do ar e *Impetus* [Peduzzi 2015]. A Figura 6, representa a queda de um corpo e as forças envolvidas nesse movimento, onde as setas **a** representam a gravidade e resistência do ar, setas **b** representam o *Impetus*.

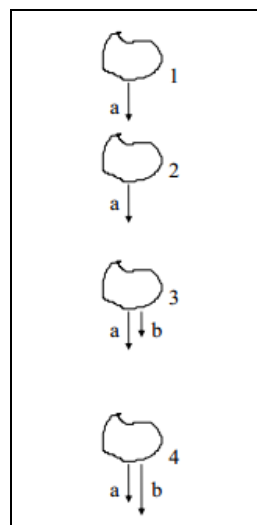


Figura 6 - Representação do movimento de queda livre

Fonte: Peduzzi [2015].

3.4 As teorias do movimento de Galileu Galilei

Segundo Mariconda e Vasconcelos [2006], Galileu Galilei (1564-1642) contribuiu para a revolução científica do século (XVII), pois suas teorias deram início a uma nova ciência. Suas obras sobre a queda dos corpos, plano inclinado, movimentos acelerados e trajetórias parabólicas de projéteis constituem o início da cinemática. Em seus estudos, ele se propôs a explicar tais fenômenos a partir dos conceitos matemáticos [Mariconda 2006].

3.4.1 Galileu e o movimento vertical

Em sua obra *Duas novas Ciências* (1638), Galileu aborda sobre o lançamento vertical. Segundo ele, quando um corpo é lançado para cima, ele recebe uma certa qualidade ou virtude (impetus ou força) e, à medida que ele sobe, essa qualidade vai decrescendo e deixando o corpo cada vez mais leve, e é justamente devido a essa leveza que o corpo sobe. Já que corpos leves tendem a subir quando a força se torna menor do que o peso do corpo, eles começam um movimento de descida e, à medida que eles caem, sua qualidade continua a diminuir, e com a força peso maior do que o impetus, os corpos aceleram, e à medida que a força impressa a eles cessa, eles continuam seu movimento com velocidade constante [Peduzzi 2015].

3.4.2 Galileu e a queda dos corpos

Segundo Silva [2017], por mais simples que seja atualmente compreender a queda dos corpos, na época de Galileu formular uma teoria para esse tipo de movimento não foi uma tarefa fácil, visto que por muito tempo as concepções aristotélicas tinham grande influência na explicação desses fenômenos e o aporte matemático de época era bastante limitado, o que dificultou a compreensão desse fenômeno. Segundo Peduzzi [2015], ao estudar a velocidade de queda dos corpos, Galileu utilizou a relação matemática desenvolvida por Filopono:

$$(v \propto (F - R)) \quad (2)$$

Conforme afirma Peduzzi [2015], com os avanços nos estudos de hidrostática, o estudioso italiano concluiu que as características de um corpo para ser leve ou pesado dependem do meio material. Por exemplo: a madeira afunda no ar, mas boia na água. Essa sua teoria era contrária à aristotélica, já que Aristóteles afirmava que peso é uma característica intrínseca. Para Galileu, o que vai determinar a velocidade de um corpo é o meio em que ele se encontra em relação ao seu peso.

Para compreender a velocidade adquirida por um corpo devido ao seu peso e o meio, Galileu utilizou as seguintes relações matemáticas:

$$\frac{Pc}{V} e \quad (3)$$

$$\frac{Pm}{v} \quad (4)$$

Onde: Pc = peso do corpo; V = volume do corpo; Pm = peso do meio e v = volume do meio. Com essa relação, ele fez a seguinte dedução: quando $Pc > Pm$ o corpo desce, e quando $Pm > Pc$ o corpo sobe.

Assim temos:

$$v \propto (Pc - Pm) \quad (5)$$

Observando a relação matemática 5, é possível concluir que a máxima velocidade do móvel acontece quando ele está no vácuo. Ao comparar a velocidade de corpos de mesmo volume, mas de pesos diferentes e lançados em um mesmo meio, Galileu fez a seguinte relação:

$$\frac{V1 = P1 - Pm}{V2 = P2 - Pm} \quad (6)$$

Ao subir, a relação se inverte:

$$\frac{V1 = Pm - P1}{V2 = Pm - P2} \quad (7)$$

Conforme a relação matemática feita por ele, é possível perceber que corpos mesmo volume, mas de pesos diferentes, vão adquirir velocidades diferentes. Segundo Peduzzi [2015], quando Galileu descreveu experimentos com bolas de chumbo e madeira, observou que ao serem lançadas no mesmo instante de uma mesma altura elas adquirem velocidades diferentes.

3.4.3 O experimento da Torre de Pisa

Em 2002, a revista *Physics World* realizou uma pesquisa com seus leitores pedindo que elegessem os mais belos experimentos da física. Dentre os experimentos selecionados, em segundo lugar ficou o de queda dos corpos, no qual Galileu

supostamente abandonou corpos de pesos diferentes, para verificar a velocidade de queda deles [Silva 2019a].

Conforme Silva [2019a], muitos historiadores defendem que o experimento jamais aconteceu. Segundo Peduzzi [2015], o relato sobre o experimento de queda dos corpos foi descrito por um único aluno de Galileu, chamado Vincenzo Viviane, que escreveu a primeira biografia de Galileu, 12 anos após a sua morte.

Nem o próprio Galileu em suas menções aos experimentos que realizava falou sobre esse episódio. Em vez disso ele relatou atividades experimentais realizadas em planos inclinados. De acordo com Silva [2019a], não existe nenhum relato escrito pelo próprio Galileu em que ele faz menção a esse experimento.

O seguinte texto escrito por Viviane relata o suposto experimento da Torre de Pisa:

Naquele tempo (1589-1590), ele estava convencido de que a investigação dos efeitos da natureza exigia necessariamente um conhecimento verdadeiro da natureza dos movimentos, de acordo com o axioma ao mesmo tempo filosófico e vulgar “ignorato motu ignoratur natura” (ignorar o movimento é ignorar a natureza). Foi então que, para grande indignação de todos os filósofos, ele demonstrou – com o auxílio de experiências, provas e raciocínios exatos – a falsidade de numerosíssimas conclusões de Aristóteles sobre a natureza do movimento, conclusões que, até então, eram tidas como perfeitamente claras e indubitáveis. Assim, entre outras, a de que as velocidades de móveis da mesma matéria, mas desigualmente pesados e movendo-se através do mesmo meio, não obedecem à proporção de seus pesos, como é declarado por Aristóteles, mas se movem, todos, com a mesma velocidade. O que demonstrou em repetidas experiências, feitas no alto do campanário de Pisa, na presença de todos os outros professores e filósofos e de toda a Universidade. [Koyré 1982 p. 200-201 *apud* Peduzzi 2015 p. 161].

De acordo com Silva [2019a], no início do século XIX muitos historiadores começaram a defender que Viviane distorcera a imagem de Galileu e que sua biografia não trazia veracidade aos fatos. Para Koyré e Segre [1989 *apud* Silva 2019a], Galileu não realizou o experimento da Torre de Pisa. Essa lenda se tornou famosa em 1935, quando o autor e professor Lane Cooper (1875-1959) escreveu o livro *Aristotle, Galileo and the Tower of Pisa*, em que afirmava que o relato de Viviani é uma história fictícia.

Conforme Segre [1989], considerando o contexto histórico em que vivia Viviane, devemos reconhecer que o experimento da Torre de Pisa não é um fato histórico, mas sim um mito. Mesmo sendo um mito, o experimento da Torre de Pisa está incluído em muitos livros didáticos bem-conceituados, como por exemplo, o livro *Física conceitual*, de Paul G. Hewitt:

Galileu demoliu facilmente a hipótese de Aristóteles sobre a queda dos corpos. Conta-se que Galileu deixou cair da torre inclinada de Pisa vários objetos com pesos diferentes e comparou suas quedas. Ao contrário da afirmativa de Aristóteles, Galileu comprovou que uma pedra duas vezes mais pesada que outra não caía realmente duas vezes mais rápido. Exceto pelo pequeno efeito da resistência do ar, ele descobriu que objetos de vários pesos, soltos ao mesmo tempo, caíam juntos e atingiam o chão ao mesmo tempo. Em certa ocasião, Galileu presumivelmente teria atraído uma grande multidão para testemunhar a queda de dois objetos com pesos diferentes do topo da torre. A lenda conta que muitos observadores desta demonstração que viram os objetos baterem juntos no chão zombaram do jovem Galileu e continuaram a sustentar os ensinamentos de Aristóteles. [Hewitt 2015 p. 49].

De acordo com Alves [2019], o livro de Paul Hewitt, apesar de ter sido revisado e reeditado, ainda traz como verídico o experimento da Torre de Pisa. O contexto sobre a história da Torre de Pisa, ou mesmo sobre a história da ciência, inserido nas práticas pedagógicas, podem ajudar os estudantes reconhecerem a ciência como uma atividade humana e não um conjunto de verdades incontestáveis [Alves 2019].

3.4.4 Aceleração em queda livre e o plano inclinado

De acordo com Peduzzi [2015], após algumas observações sobre a queda dos corpos, Galileu conclui que, ao ser abandonado, um corpo recebe aceleração em todo o seu trajeto, e não somente em uma parte. Para comprovar a suas hipóteses, Galileu relata em seu livro *Duas Novas Ciências*, o seguinte experimento:

[...] repetindo a experiência muitas vezes para determinar a quantidade de tempo, na qual nunca se encontrava uma diferença nem mesmo da décima parte de uma batida de pulso. Feita e estabelecida com precisão tal operação, fizemos descer a mesma bola apenas por uma quarta parte do comprimento total da canaleta; e, medido o tempo de queda, resultava ser sempre rigorosamente igual à metade do outro. Variando a seguir a experiência e comparando o tempo requerido para percorrer a metade, ou os dois terços, ou os três quartos, ou para concluir qualquer outra fração, por meio de experiências repetidas mais de cem vezes [...]. [Galileu 1935 p. 140 *apud* Pietrocola 2016, p. 81].

Segundo Pietrocola [2016], Galileu mediu o tempo que a esfera demorou para descer todo o plano inclinado, depois repetiu o experimento medindo o tempo de um quarto da rampa e, por fim, da metade da rampa. Após várias análises, Galileu chegou à seguinte relação matemática sobre os corpos com aceleração: a distância percorrida pela esfera é proporcional ao tempo do movimento ao quadrado, expressa do seguinte modo:

$$\Delta s \propto t^2 \quad (8)$$

Para evidenciar o comportamento dos corpos em movimento retilíneo uniformemente variado, Galileu utilizou a relação entre a distância e o tempo, já que para época seria impossível medir a velocidade instantânea de um móvel, conforme afirma Peduzzi [2015]. De acordo com Hulsendeger [2004], ao estudar o comportamento de corpos em queda livre, Galileu defrontou-se com a dificuldade de medir o tempo, pois esse movimento era rápido demais, e para resolver esse problema ele utilizou o plano inclinado. Segundo Peduzzi [2015], Galileu considerou que sobre um plano inclinado o movimento de um corpo seria acelerado, ou seja, seria um movimento uniformemente acelerado. A Figura 7 ilustra o plano inclinado e o comportamento da esfera.

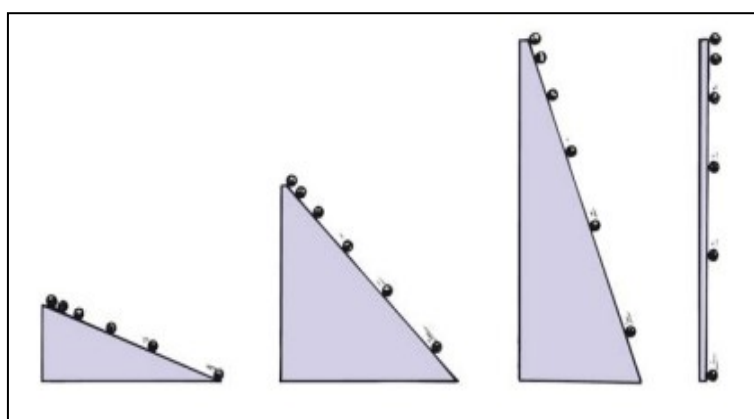


Figura 7 - Experimento do plano inclinado

Fonte: Hewitt [2012].

Conforme Peduzzi [2015], ao estudar o movimento no plano inclinado, Galileu confirmou sua hipótese de que os corpos são acelerados quando estão em queda livre. Para ele, seu experimento apresentou algumas limitações, como a influência da superfície sobre a esfera, que retarda o seu deslocamento. Os resultados encontrados por ele em seus experimentos são, na verdade, aproximações. Galileu concluiu que para que um corpo caia com aceleração constante é necessário que ele não sofra nenhuma influência de resistência em seu deslocamento, logo, o movimento deveria ser no vácuo. Desse modo, Galileu afirmou que quando dois corpos de massa diferentes são abandonados ao mesmo tempo de uma determinada altura no vácuo, adquirem a mesma aceleração e, conseqüentemente, atingem o solo ao mesmo tempo [Peduzzi 2015].

Ao defender sua teoria, segundo Hulsendeger [2004], Galileu realizou experimentos empíricos em que utilizou os modelos matemáticos, o que revolucionou o pensamento científico. Segundo Peduzzi [2015], o comportamento de corpos em queda no vácuo, defendido por Galileu, foi criticado na época por defensores da teoria

aristotélica, visto que admitir a existência do vácuo e a possibilidade do movimento sem a influência do ar eram hipóteses totalmente contrárias às teorias de Aristóteles. Mais tarde, com a invenção da bomba a vácuo, foi possível corroborar as teorias de Galileu por meio de um experimento em que dois corpos de massas diferentes são abandonados no vácuo, conforme ilustra a Figura 8.



Figura 8 - Queda dos corpos no vácuo

Fonte: Peduzzi [2015].

3.4.5 Galileu e a Lei da Inércia

Aristóteles classificou os movimentos dos corpos de duas formas: os violentos (como o lançamento oblíquo) e os naturais (como a queda dos corpos próximos à superfície da Terra). No entanto, Galileu definiu outro tipo de movimento, que ele chamou de “movimento neutro”, que consistia no movimento circular de uma esfera em torno de seu eixo. Para ele, nessa situação, enquanto uma parte se aproxima da esfera outra se afasta. Outra observação relevante de Galileu foi a de que a esfera continua seu movimento de modo indefinido, quando se despreza a influência do atrito entre as superfícies [Peduzzi 2015].

Galileu, ao estudar o movimento dos corpos em um plano inclinado, chegou às seguintes conclusões: a) quando um corpo é abandonado do alto de um plano inclinado, ele cai de forma acelerada; b) se este corpo for colocado na parte inferior da rampa, somente conseguirá subir se receber um impulso inicial; e c) para manter em repouso um corpo em uma rampa é necessário a aplicação de força. Mas se um corpo for colocado em um plano horizontal, não é necessário aplicar uma força para que ele permaneça em

repouso, e caso receba uma força, ele se deslocará indefinidamente com velocidade constante, desde que as forças de resistência sejam desconsideradas [Peduzi 2015].

Em 1632, Galileu publicou umas de suas obras mais importantes, intitulada *Os dois maiores sistemas do mundo*. Nela, por meio de diálogos entre três personagens fictícios, nomeados de Salviati (Galileu), Simplicio (defensor da teoria aristotélica) e Sagredo (um leigo em relação ao conhecimento científico), ele descreve suas observações a respeito dos movimentos em planos inclinados e horizontais [Souza 2008]. A Figura 9 representa o experimento imaginário com planos inclinados feito por Galileu.

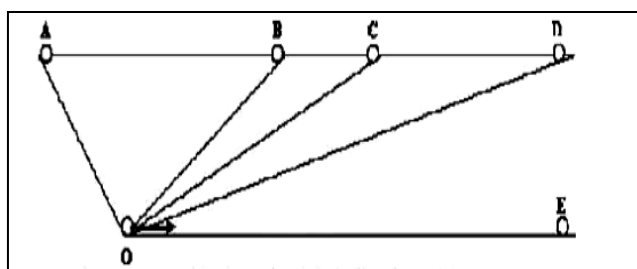


Figura 9 - Experimento imaginário realizado por Galileu, em planos inclinados, onde os pontos A, B, C, D e E representam as posições onde a esfera foi abandonada

Fonte: Souza [2008].

Galileu, portanto, conclui que quando menos inclinado o plano, menor é o deslocamento da esfera.

Para Galileu, quando um corpo está em uma superfície perfeitamente lisa e inclinada ao ser abandonado, considerando as forças de resistência, ele continuará em movimento acelerado. Em uma outra parte do diálogo, Galileu relata o que aconteceria se a superfície fosse paralela ao solo.

Salviati: [...] Se não existisse causa de retardamento muito menos deveria existir o repouso, quanto acreditais, portanto, que duraria o movimento do móvel?

Simplicio: Tanto quanto durasse o comprimento daquela superfície que não é nem subida e nem descida. Portanto, se esse espaço fosse ilimitado, o movimento nele seria igualmente sem fim, ou seja, perpétuo? [Galileu 2004 p. 229-233 *apud* Souza 2009 p. 68].

Para Galileu, se um corpo estiver em movimento em uma superfície lisa, com corpos redondos e lisos, desconsiderando as forças de resistência, o corpo se moveria indefinidamente [Koyré 1986 *apud* Souza 2008]. Foi assim que Galileu chegou ao princípio da inércia. Mas sua teoria apontava para uma “inércia circular”, onde os corpos tendem a manter-se em movimento circular [Souza 2008].

Como é possível perceber, para Galileu o plano liso seria a circunferência da Terra, desse modo o corpo não teria movimento natural e nem violento [Souza 2008]. Esse pensamento de Galileu é o início da construção do princípio da inércia.

O texto descreve um relato da construção sócio-histórica do estudo dos movimentos, desde as concepções aristotélicas até o estudo de Galileu sobre a inércia dos corpos. A formação dessa teoria a respeito da inércia quebrou vários paradigmas, rompendo com a física aristotélica. Vários foram os filósofos que se dedicaram a compreender o comportamento de corpos em movimento. Mas foi Galileu que conseguiu explicar de forma satisfatória a aceleração e desaceleração de corpos em queda livre. Foi ele também quem criou o princípio da inércia por meio de experimentos realizados em planos inclinados. No que diz respeito ao plano horizontal, não se sabe ao certo afirmar se ele realmente realizou tais experiências ou se elas foram somente imaginárias [Pедуzi 2015].

4 Fundamentos da Física - cinemática

O estudo da Física é organizado em diversas partes distintas, sendo uma delas a mecânica. A mecânica tem por finalidade estudar os movimentos e dentro de sua área de estudo existem três divisões: a cinemática, a estática e a dinâmica. A cinemática é o estudo do movimento sem referências ao que produziu o movimento, já a dinâmica estabelece o que produz o movimento do corpo [Bauer 2012].

Esta seção tem por objetivo aprofundar os conceitos de cinemática, com destaque Movimento Retilíneo Uniforme (MRU).

4.1 Movimento unidimensional com velocidade constante

Segundo Feynman, Leighton e Sands [2009], movimento é uma mudança aparente da posição que pode ser observada no decorrer do tempo. Pode-se aqui considerar o movimento de um carro, uma bola em queda livre ou mesmo as nuvens no céu. Ao pensar no comportamento do carro e da bola, seria fácil descrever o seu movimento, mas quando se analisa uma nuvem como se deve proceder? Pode-se observar o seu movimento considerando as suas moléculas, ou seja, analisar somente um ponto, o que facilita a compreensão desse movimento, já que as variáveis são reduzidas. Portanto, para este estudo deve-se considerar o movimento unidimensional em linha reta de corpos sólidos com tamanho desprezível (partículas).

Conforme Halliday *et al.* [2016], no estudo da cinemática é comum considerarmos o móvel como uma partícula, desprezando sua massa, forma e tamanho. Assim, pode-se representar o movimento de um corpo por meio de tabelas ou gráficos, mas para compreendermos essa representação de um ponto do objeto em movimento são necessários os conceitos de: posição, distância percorrida e rapidez.

4.2 Posição de um móvel (s)

A posição de um móvel pode ser definida como um ponto sobre uma linha onde se encontra o objeto [Bauer 2012]. Segundo Melo [2011], para que se possa analisar o movimento de um corpo, primeiramente deve-se determinar um referencial. No caso do movimento unidimensional, esse referencial será a própria reta orientada, onde se

determina a origem e a posição da partícula $x(t)$ em um determinado instante (t). Portanto, para representar a posição (x) da partícula será considerado o estudo deste movimento na dimensão horizontal (componente x). Na Figura 10 está representada a posição de uma partícula em função do tempo.

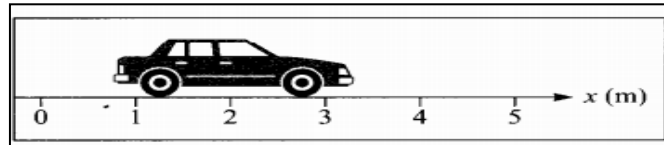


Figura 10 - Posição de um móvel, em linha reta na componente x

Fonte: Nussenzveig [2002].

A posição de um móvel varia com o tempo, ou seja, a posição pode ser representada em função do tempo. Podemos, então, representar essa relação utilizando as seguintes funções:

$$s = s(t) \quad (9)$$

ou,

$$x = x(t) \quad (10)$$

Para especificar a posição em um tempo específico, podemos representar a equação da seguinte forma:

$$x_1 = x(t_1) \quad (11)$$

4.3 Representação gráfica da posição de um móvel

A reprodução gráfica da posição de um móvel é feita representando as variáveis “tempo” no eixo das abscissas e a “posição” no eixo das ordenadas [Feynman 2009]. A Figura 11 ilustra posição x tempo.

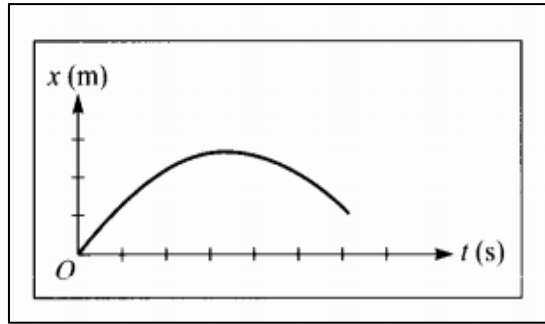


Figura 11 - Representação gráfica unidimensional da posição de um móvel em função do tempo

Fonte: Nussenzveig [2002].

4.4 Vetor deslocamento (Δx)

O deslocamento de um móvel é definido como a diferença do vetor posição final e inicial sobre a reta orientada [Bauer 2012], como ilustrado na Figura 12.

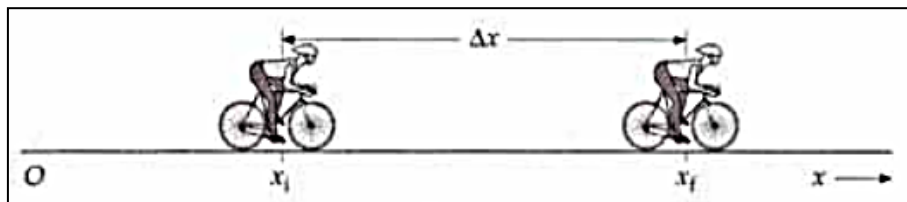


Figura 12 - Vetor deslocamento

Fonte: Tipler [2002].

De acordo com Halliday *et al.* [2016], o deslocamento de uma partícula pode ser positivo, negativo ou nulo, o que define essa característica é a variação entre a posição final da partícula. O sentido do deslocamento está representado na Figura 13.

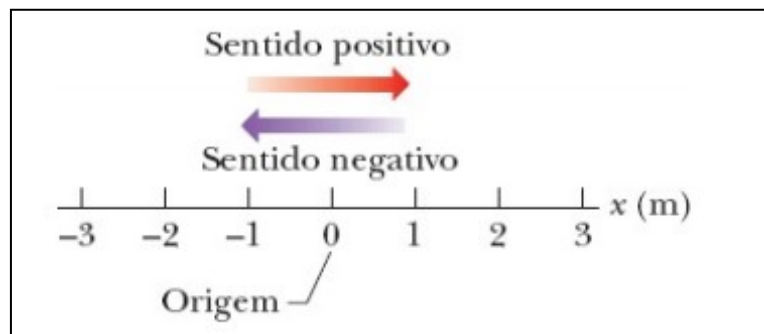


Figura 13 - Sentido do deslocamento e seus respectivos sinais

Fonte: Halliday *et al.* [2016].

Para calcular o deslocamento de um móvel, utiliza-se a equação representada a seguir.

$$\Delta x = x - x_0 \quad (12)$$

Onde x é a posição final e x_0 a posição inicial.

Quando se define o deslocamento de um móvel, a distância percorrida (unidades do Sistema Internacional) percorridos por ele é irrelevante, pois o deslocamento envolve apenas as posições inicial e final [Halliday 2016]. Por exemplo: se um móvel está na posição inicial 20 m, se movimenta até a posição 50 m e depois retorna à posição 20 m, seu deslocamento será zero, pois $\Delta x = x - x_0 = 20 - 20 = 0$ m.

4.5 Distância percorrida (d)

A distância percorrida por um móvel pode ser definida como o comprimento do caminho que separa as posições finais e iniciais em uma trajetória [Tipler 2002]. O deslocamento de um móvel pode ser positivo, negativo e nulo, já a distância percorrida é sempre maior ou igual a zero e é uma grandeza escalar [Bauer 2012].

A seguir apresentamos algumas considerações relevantes sobre deslocamento e distância percorrida:

- a) No movimento unidimensional, quando um móvel anda em linha reta sobre uma trajetória, sempre em um mesmo sentido, a distância percorrida e o deslocamento terão o mesmo valor numérico absoluto: $d = |\Delta x|$ [Bauer 2012].
- b) No movimento unidimensional, quando um móvel anda em linha reta sobre uma trajetória, e em algum momento existe a mudança de sentido, o deslocamento e a distância percorrida não serão iguais.

4.6 Vetor velocidade média

O vetor velocidade média de um móvel é a razão entre o vetor deslocamento e o tempo gasto para que ocorra esse deslocamento. Como o deslocamento é uma grandeza vetorial, podemos definir a velocidade média como a velocidade vetorial. Para que possamos calcular a velocidade média.

$$vm = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (13)$$

Onde vm representa a velocidade média, Δx o deslocamento e Δt o tempo utilizado no deslocamento.

O vetor velocidade média sempre terá o mesmo sentido do vetor deslocamento, ou seja, se o deslocamento for positivo, a velocidade média será positiva, se o deslocamento for negativo a velocidade média será negativa e, por fim, se o deslocamento for igual a zero, a velocidade média será nula [Halliday 2016].

4.7 Rapidez e velocidade média

A rapidez (*speed* em inglês) de uma partícula em movimento é definida em termos da distância total percorrida independentemente da direção [Halliday 2016]. A velocidade (*velocity* em inglês) pode ter sentido positivo ou negativo, pois está relacionada ao vetor deslocamento. Já a rapidez terá sempre valor absoluto, podendo ser calculada utilizando a seguinte equação [Tipler 2002]:

$$v = \frac{d}{\Delta t} \quad (14)$$

A rapidez total será sempre um valor positivo, visto que a distância e o tempo apresentam valores sempre positivos [Tipler 2002]. A rapidez de um móvel indica quão rápido ele se move, por exemplo, ao expressar que uma partícula se movimenta a 60 km/h, estamos indicando a sua rapidez. Já a velocidade média indica o seu deslocamento em um dado intervalo de tempo, direção e sentido. Por exemplo, a partícula se movimenta ao norte, deslocando-se 60 km em uma hora [Hewitt 2015].

Apesar da rapidez nos indicar uma ideia de quão rápido um móvel está se deslocando, a sua indicação não revela a orientação do movimento [Tipler 2002].

4.8 Velocidade e rapidez constantes e variáveis

A rapidez constante significa que o móvel percorre uma trajetória mantendo a mesma rapidez. Já a velocidade constante indica que a rapidez e orientação são constantes. Para que a orientação do movimento seja considerada constante ela deve ser em linha reta. Portanto velocidade constante significa: rapidez constante com movimento retilíneo [Hewitt 2015].

Quando a orientação e/ou rapidez de um corpo em movimento variar, significa que a sua velocidade não é constante, então ela será classificada como velocidade variável. Se a rapidez de um corpo em movimento for constante, mas sua direção for variável, ele terá rapidez constante, porque tal grandeza não depende da orientação. Quando a rapidez variar, teremos a rapidez variável [Hewitt 2015].

4.9 Velocidade instantânea e rapidez instantânea

A velocidade média de um corpo em movimento é dada pela razão entre o deslocamento e o tempo percorrido por ele em uma determinada orientação. Ao se pensar em uma situação onde o móvel percorre uma grande distância, é provável que nesse percurso a sua rapidez se altere. Portanto, a velocidade média informa uma noção da rapidez com que o corpo se movimenta. Já a velocidade instantânea é a rapidez do móvel em um determinado instante. Por exemplo, a velocidade indicada em um velocímetro de automóvel [Hewitt 2015].

A velocidade instantânea de um corpo pode ser obtida a partir de sua velocidade média, para isso é necessário reduzir o tempo até o limite em que ele tende a zero [Halliday 2016]. Portanto, a velocidade instantânea de um móvel pode ser obtida por um limite, considerando que o tempo tende a zero. Logo:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} vm \quad (15)$$

A rapidez instantânea de um corpo em movimento é o módulo da velocidade instantânea sem sua orientação [Halliday 2016].

4.10 A reta tangente

A velocidade de um móvel pode ser expressa por meio do gráfico de posição e tempo, a partir deste é possível calcular o seu valor, para tanto é necessário calcular o valor do coeficiente angular da tangente ou secante. A reta tangente a uma circunferência é definida como a reta que intercepta a circunferência em um determinado ponto [Simmons 1987]. Essa definição não é válida para uma curva em geral, pois neste caso é preciso definir a inclinação da reta tangente em um determinado ponto [Leithold 1994]. A Figura 14 ilustra a reta tangente em uma curva.

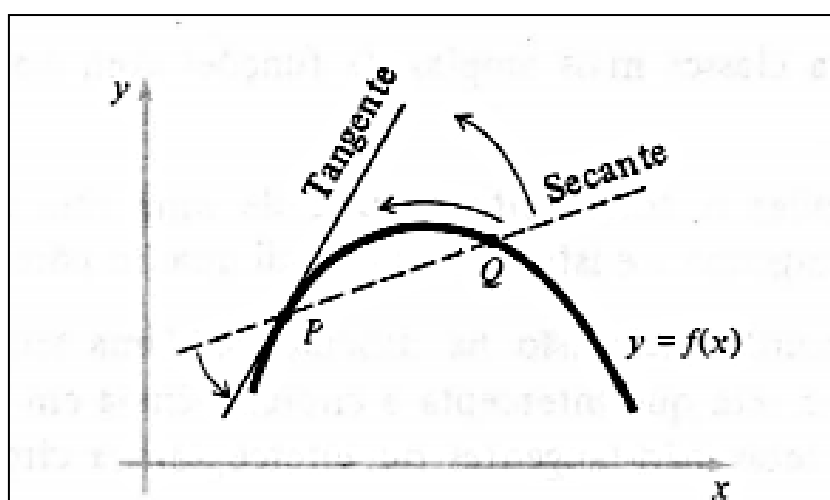


Figura 14 - Reta tangente em uma curva

Fonte: Simmons [1987].

A reta tangente pode ser definida como a posição limite da secante [Leithold 1994].

4.11 Cálculo do coeficiente angular da reta tangente

A Figura 15 representa a função angular, considerando $P = (x_0, y_0)$ um ponto qualquer na parábola definida por $y = x^2$.

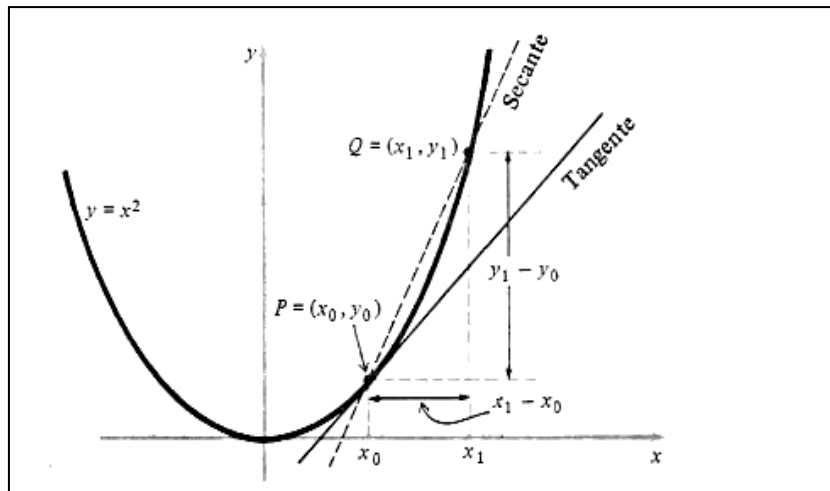


Figura 15 - Representação gráfica da função
 Fonte: Simmons [1987].

Para calcular o coeficiente angular, deve-se escolher outro ponto (Q) próximo ao ponto já pré-determinado (P) na parábola e traçar a reta secante [Simmons 1987].

O coeficiente angular da reta secante é definido por:

$$m_{sec} = \text{coef. angular de } PQ = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \quad (16)$$

Para que a tangente esteja no limite da secante, deve-se aproximar o ponto Q, por meio da reta traçada, desse modo temos:

$$m = \lim_{Q \rightarrow P} m_{sec} = \lim_{x_1 \rightarrow x_0} \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \quad (17)$$

Ao aproximar os pontos P e Q, os valores de x_1 e x_0 , tornam-se muito próximos, e calculando a diferença, a resposta seria zero. O mesmo acontece com os pontos em y e, para que isso não aconteça, deve-se utilizar a função da parábola [Simmons 1987]. Assim temos que $y_0 = x_0^2$ e $y_1 = x_1^2$, logo:

$$m_{sec} = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} = \frac{x_1^2 - x_0^2}{x_1 - x_0} \quad (18)$$

Ao resolver os quadrados e efetuar a divisão, tem-se:

$$m_{sec} = x_1 + x_0 \quad (19)$$

Portanto, o limite se torna:

$$m \lim_{x_1 \rightarrow x_0} \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} = \lim_{x_1 \rightarrow x_0} (x_1 + x_0) \quad (20)$$

Assim sendo, quando x_1 se aproxima de x_0 , tem-se que $x_1 + x_0 = x_0 + x_0 = 2x_0$. Nessas condições, o coeficiente angular será:

$$m = 2x_0 \quad (21)$$

Conforme [Leithold 1994], quando existe o limite que define a reta tangente, é possível determinar a derivada da função. A derivada da função f é representada por f' , com o domínio definido por:

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x} \quad (22)$$

Quando x_1 é um ponto do domínio de f , tem-se:

$$f'x_1 = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_1+\Delta x) - f(x_1)}{\Delta x} \quad (23)$$

De acordo com Simmons [1987], se existe o limite para a função em todo o seu domínio, diz-se que ela é diferenciável ou derivável, ou seja, pode ser derivada em qualquer ponto de seu domínio.

O símbolo $f'(x)$ é utilizado para representar a derivada de uma função $f(x)$ e foi definido na matemática por Langrange (1736-1813). Em um gráfico, pode-se definir um ponto que é representado pelas coordenadas (x, y) , a função deste ponto pode ser demonstrada por $y = f(x)$, logo, a derivada pode ser expressa por y' [Leithold 1994]. Assim temos:

$$\Delta y = f(x + \Delta x) - f(x) \quad (24)$$

Onde, Δy é utilizado para representar a mudança de y para $(x + \Delta x)$ [Simmons 1987]. Ao substituir $f'(x)$ por $\frac{\Delta y}{\Delta x}$, tem-se:

$$\Delta y = f(x + \Delta x) - f(x) \quad (25)$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = f(x + \Delta x) - f(x) \quad (26)$$

$$\frac{dy}{dx} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (27)$$

A notação $\frac{dy}{dx}$ foi introduzida nos cálculos de derivadas no século XVII, por Leibniz (1646-1716) [Leithold 1994].

A Figura 16 representa a função $y = f(x)$.

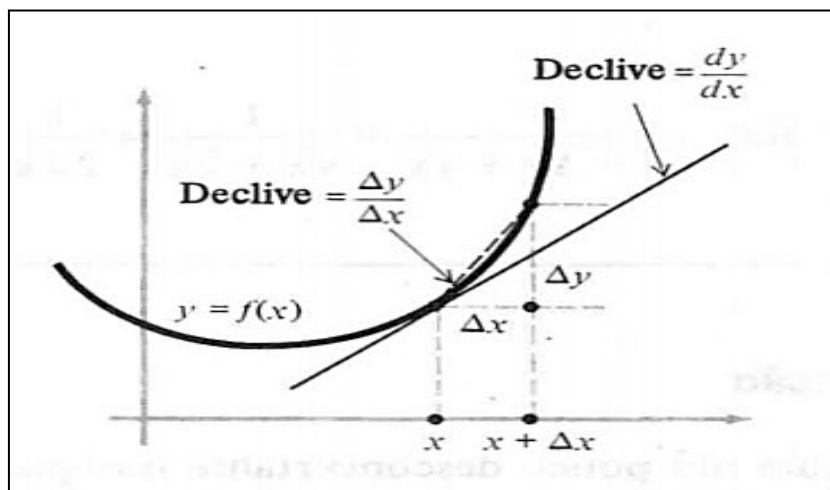


Figura 16 - Representação gráfica da função $y = f(x)$

Fonte: Simmons [1987].

Onde, $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ representam a inclinação da secante e a sua derivada é o valor do coeficiente angular da reta tangente.

O estudo da tangente de um gráfico é considerado um dos conceitos mais importantes da matemática, pois sem seu estudo não seria possível compreender a velocidade, a aceleração, a força, a astronomia e outros conceitos [Simmons 1987].

4.12 Derivada e sua aplicação no estudo dos movimentos

A cinemática consiste no estudo dos movimentos de um móvel, tendo como seu principal objeto determinar a posição de um corpo em um determinado instante. Para isso, utiliza-se a expressão $s = f(t)$, [Bornatto 2020]. Portanto, a velocidade é a relação entre a distância e o tempo gasto pelo corpo para percorrê-la. Porém, se a velocidade varia no decorrer do tempo, ou seja, percorre distâncias diferentes em intervalos de tempos iguais, é necessário definir a velocidade instantânea, e para isso utiliza-se o cálculo das derivadas.

De acordo com Simmons [1987], o conceito de derivada está intimamente relacionado ao estudo dos problemas da cinemática, por esse motivo Isaac Newton estabeleceu em seus estudos as bases do cálculo, fundamentados em seus estudos sobre a mecânica [Bornatto 2020].

4.13 Reta tangente e velocidade

A Figura 17 representa a variação da posição de um móvel em relação ao tempo.

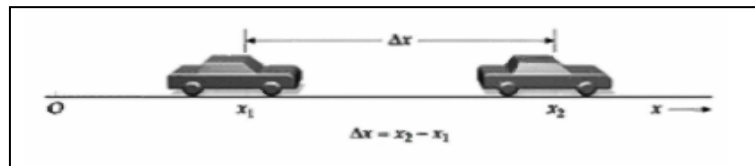


Figura 17 - Representação da posição de um móvel em instantes diferentes

Fonte: Cavalcanti [2009].

Desse modo, a velocidade média de uma partícula é definida por:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (28)$$

Conforme Cavalcanti [2009], a representação gráfica, onde x representa a posição e t o instante, a velocidade média é indicada pela inclinação da reta secante nos pontos (t_1, x_1) e (t_2, x_2) , conforme ilustra a Figura 18.

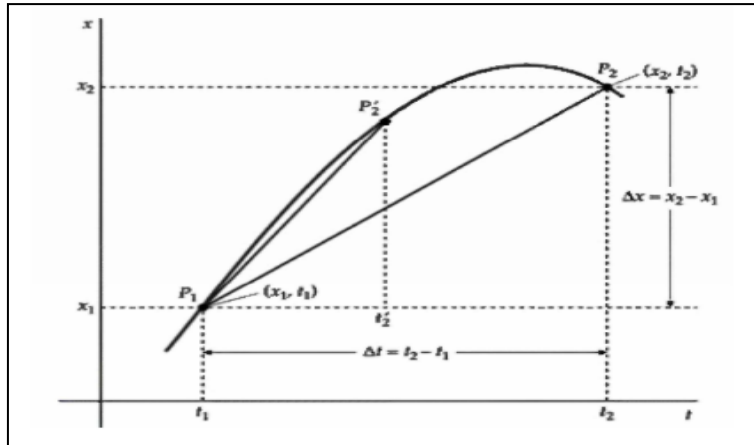


Figura 18 - Gráfico posição *versus* tempo

Fonte: Cavalcanti [2009].

A velocidade média nos intervalos de tempo é dada inclinação, mas quando se consideram intervalos de tempo cada vez menores, a reta secante se aproxima da reta tangente, desse modo temos a velocidade instantânea do móvel [Simmons 1987], conforme ilustra a Figura 19.

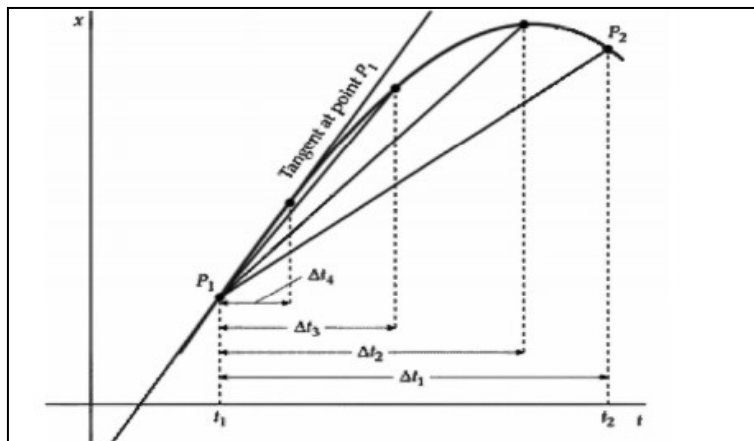


Figura 19 - Reta tangente e a velocidade instantânea

Fonte: Cavalcanti [2009].

Portanto, a velocidade instantânea é o limite da razão entre deslocamento e tempo, quando este tende a zero.

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right) \quad (29)$$

Exemplo 1: Considere um objeto que foi abandonado de uma determinada altura e cai em queda livre, conforme ilustrado na Figura 20.

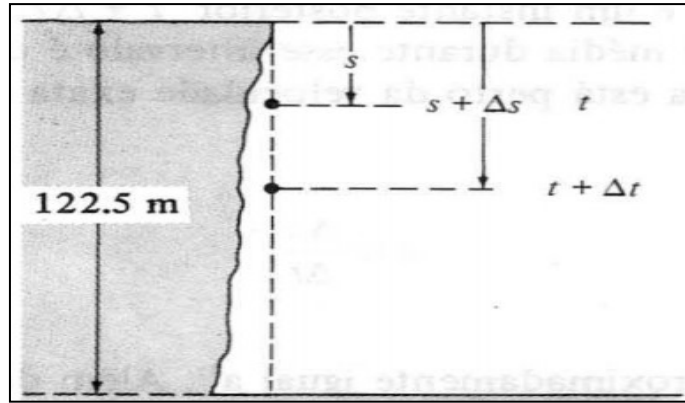


Figura 20 - Corpo em queda livre

Fonte: Simmons [1987].

Sabendo que a altura de um corpo em queda livre pode ser expressa por:

$$s = 4,9t^2 \quad (30)$$

Podemos definir que, nesse caso, o corpo levará 5 s para atingir o solo, portanto essa fórmula será válida entre os tempos 0 e 5. A partir da questão proposta, determine: “O que significa a velocidade em um determinado instante?”.

Analisando a função da posição $f(t) = 4,9t^2$, pode-se dizer que a velocidade no primeiro segundo será de 4,9 m/s, ou seja, ela cairá 4,9 m no primeiro segundo. No segundo seguinte sua velocidade será de 19,6 m/s, ou seja, cairá 19,6 m. No terceiro segundo, sua velocidade será de 44,1 m/s, ou seja, cairá 44,1 m no terceiro segundo. Portanto, as velocidades médias serão dadas por:

Intervalo 1:

$$\frac{4,9}{1} = 4,9 \text{ m/s} \quad (31)$$

Intervalo 2:

$$\frac{19,6-4,9}{1} = 14,7 \text{ m/s} \quad (32)$$

Intervalo 3:

$$\frac{44,1-19,6}{1} = 24,5 \text{ m/s} \quad (33)$$

Conforme Simmons [1987], para definir a velocidade do objeto em queda livre a qualquer instante de acordo com a Figura 20, o intervalo de tempo Δt entre t é um instante posterior a $t + \Delta t$. Quando a variação do tempo é pequena, a velocidade média está perto da velocidade exata do começo do intervalo, ou seja:

$$v \cong \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (34)$$

Quanto menor for a variação do tempo, mais haverá aproximação com a velocidade instantânea.

$$v = \lim_{n \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (35)$$

A equação (29), mostra como é possível calcular a velocidade em um intervalo de tempo muito pequeno, desse modo tem-se:

$$v = \frac{ds}{dt} = \lim_{n \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (36)$$

$$= \lim_{n \rightarrow 0} \frac{4,9(t+\Delta t)^2 - 4,9t^2}{\Delta t} \quad (37)$$

$$= \lim_{n \rightarrow 0} (9,8t + 4,9\Delta t) = 9,8t \quad (38)$$

O desenvolvimento realizado acima é válido para qualquer movimento em linha reta, portanto a velocidade v em um determinado instante pode ser expressa por:

$$v = \lim_{n \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \lim_{n \rightarrow 0} \frac{f(t-\Delta t)}{\Delta t} \quad (39)$$

Exemplo 2: Uma partícula se movimenta segundo a equação horária $s = 2t^2 + 5t + 10$, no SI. Determine a sua velocidade:

No instante $t=1$:

$$v(1, t) = \frac{f(t)-f(1)}{t-1} = \frac{(2t^2 + 5t + 10) - (2 \cdot 1^2 + 5 \cdot 1 + 10)}{(t-1)} = \frac{2t^2 + 5t - 7}{t-1} \quad (40)$$

$$v(1) = \lim_{t \rightarrow 1} (1, t) \frac{2t^2 + 5t - 7}{(t-1)} = \lim_{t \rightarrow 1} (2t + 7) = 2 \cdot 1 + 7 = 9 \quad (41)$$

4.14 Movimento Retilíneo Uniforme

O movimento uniforme unidimensional é o movimento mais simples estudado na Física. Ele se caracteriza por apresentar percursos iguais em intervalos de tempos iguais [Nussenzveig 2002].

A velocidade desse movimento é dada por:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x(t_2) - x(t_1)}{t_2 - t_1} \quad (42)$$

Gráficamente, a velocidade representa o coeficiente angular da reta, conforme ilustra a Figura 21.

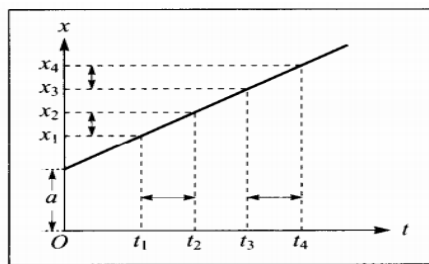


Figura 21 - Gráfico do MRU

Fonte: Nussenzveig [2002].

Considerando t_2 um instante t qualquer e t_1 o instante inicial t_0 , a função horária fica expressa como:

$$x(t) = x_0 + v(t - t_0) \quad (43)$$

Quando o movimento retilíneo não for uniforme, ele será acelerado.

4.15 Cálculo da velocidade de um móvel a partir do gráfico posição e tempo

O valor da velocidade instantânea de um corpo em movimento a partir de sua representação gráfica é calculado por meio da inclinação da reta tangente, porém, caso seja necessário calcular a velocidade de um móvel a partir do gráfico de posição *versus*

tempo, deve-se proceder utilizando o cálculo integral. Segundo Patrão [2011], a integral surgiu para resolver os problemas cinemáticos inversos.

Para o movimento uniforme, onde a velocidade média é igual à velocidade instantânea, o gráfico apresenta-se como uma reta paralela ao eixo das abscissas. [Nussenzveig 2002]. A Figura 22, representa um móvel em movimento uniforme.

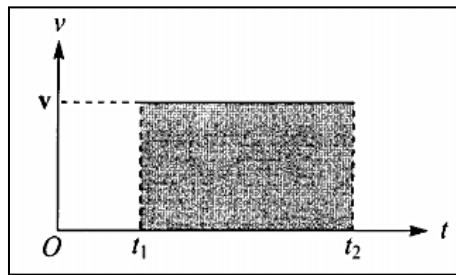


Figura 22 - Gráfico velocidade versus tempo do MU
Fonte: Nussenzveig [2002].

Conforme a definição da velocidade média, o espaço percorrido entre os instantes t_1 e t_2 será dado por:

$$\Delta x_{t_1 \rightarrow t_2} = x(t_2) - x(t_1) = v_{t_1 \rightarrow t_2} \Delta t = v_{t_1 \rightarrow t_2} (t_2 - t_1) = v (t_2 - t_1) = v (t_2 - t_1) \quad (43)$$

Portanto, o espaço percorrido será dado pela área do gráfico representado na Figura 22, tendo como limite as ordenadas t_1 e t_2 . A área do gráfico poderá ser definida como positiva (Figura 22) ou negativa (Figura 23).

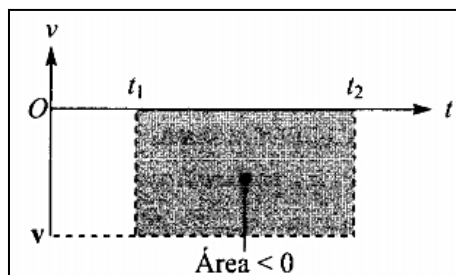


Figura 23 - Gráfico velocidade versus tempo do MU
Fonte: Nussenzveig [2002].

Desse modo, quando a área for maior que zero a velocidade será positiva, ou seja $x(t_2) > x(t_1)$, e quando a área for menor que zero a velocidade será negativa, ou seja, $x(t_2) < x(t_1)$.

Quando o movimento não apresenta velocidade constante, a reta não será paralela ao eixo da abscissa. A Figura 24 representa um móvel com velocidade e aceleração variável.

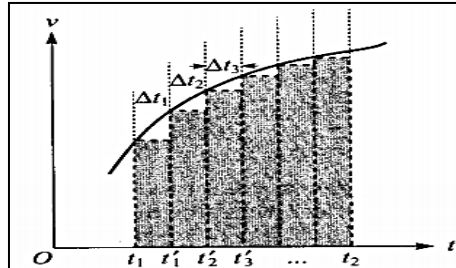


Figura 24 - Gráfico velocidade versus tempo com velocidade variável

Fonte: Nussenzveig [2002].

Nesse caso, o valor do espaço percorrido será calculado a partir de pequenas subdivisões com intervalos iguais indicados na área do gráfico. Sendo que em cada um dos subintervalos deve-se construir retângulos o mais alto possível, mas que fiquem inteiramente sobre o gráfico [Simmons 1987], conforme a Figura 15. Desse modo se os intervalos forem pequenos, a velocidade não sofrerá muita variação, sendo, portanto, possível calcular o espaço percorrido em cada intervalo efetuando a sua soma no final, obtendo o valor do espaço percorrido total. Assim temos:

$$\Delta x_{t_1 \rightarrow t_1'} = x(t_1') - x(t_1) = v_{t_1 \rightarrow t_1'} \Delta t_1 \approx v(t_1) \Delta t_1 \quad (44)$$

$$\Delta x_{t_1' \rightarrow t_2'} = x(t_2') - x(t_1') = v_{t_1' \rightarrow t_2'} \Delta t_2 \approx v(t_1') \Delta t_2 \quad (45)$$

$$\Delta x_{t_2' \rightarrow t_3'} = x(t_3') - x(t_2') = v_{t_2' \rightarrow t_3'} \Delta t_3 \approx v(t_2') \Delta t_3 \quad (46)$$

Efetuando a soma, tem-se:

$$x(t_3') - x(t_1) \approx v(t_1) \Delta t_1 + v(t_1') \Delta t_2 + v(t_2') \Delta t_3 \quad (47)$$

Portanto, efetuando a soma dos subintervalos de t₁ a t₂ obtém-se o valor do espaço percorrido. Logo:

$$x(t_2) - x(t_1) \approx \sum_i v(t_i') \Delta t_i' \quad (48)$$

Quanto menores forem as subdivisões, ou seja, quando $\Delta t'_i$ tende a zero, mais exato será o resultado encontrado, portanto:

$$x(t_2) - x(t_1) = \lim_{\Delta t'_i \rightarrow 0} \sum_i v(t'_i) \Delta t'_i \quad (49)$$

O limite da equação 49 é a integral definida de $v(t)$, portanto:

$$\lim_{\Delta t'_i \rightarrow 0} \sum_i v(t'_i) \Delta t'_i = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt \quad (50)$$

Desse modo, a partir do cálculo integral e da somatória das subdivisões da área de um gráfico de velocidade e tempo, é possível definir o espaço percorrido.

5 Metodologia

A metodologia de pesquisa deste trabalho foi dividida em seis momentos: a) revisão bibliográfica; b) apropriação do tema; c) produção do material instrucional; d) implementação do projeto; e) avaliação do projeto e f) redação da dissertação.

A metodologia utilizada neste trabalho baseia-se na aplicação de um produto educacional com base na teoria educacional de Papert e na história do movimento nas ciências.

5.1 Revisão bibliográfica

O desenvolvimento desta proposta de ensino baseou-se na fundamentação teórica sobre três itens de destaque deste trabalho: a) história das ciências; b) robótica educacional; e c) estudo do movimento retilíneo uniforme por meio de atividades práticas envolvendo a análise de gráficos. Na primeira etapa realizou-se uma pesquisa de revisão bibliográfica nos periódicos de conceitos Qualis/Capes A e B na área do ensino das ciências. Esta pesquisa teve por objetivo fazer levantamento das dificuldades encontradas no ensino da Física referente à apropriação pelos estudantes dos conceitos relacionados ao estudo dos movimentos. Para isso foram analisadas questões em aberto nessa área, a fim de elaborar e propor uma nova estratégia metodológica que permita responder a questão central deste trabalho: “Como uma abordagem prática por meio da robótica educacional baseada na história das ciências pode contribuir para o ensino da cinemática?”

5.2 Apropriação do tema

Posteriormente elaborou-se um levantamento teórico por meio de artigos, dissertações e livros, a fim de dar sustentação a professores que queiram aplicar a proposta deste trabalho em sala de aula. O conteúdo descrito neste trabalho foi dividido em:

a) Robótica educacional: conceito, história e construtivismo

A proposta metodológica desta dissertação baseia-se na aplicação de uma atividade prática utilizando kits de robótica educacional. Para esse fim, primeiramente foi feito um levantamento sobre os conceitos da robótica educacional baseados no livro de Seymour Papert, que foi o pioneiro na utilização da robótica para fins educacionais. A partir das teorias do construtivismo de Piaget, ele defendeu a teoria do construcionismo, em que afirma que a aprendizagem ocorre a partir do fazer, ou seja, o que conhecemos hoje como “aprender fazendo”, por isso essa prática é bastante difundida nos dias atuais.

Além dos conceitos extraídos do livro de Papert, o levantamento teórico desse item específico também levou em consideração outras literaturas da área, como: Torcato, Rocha, Castilho e Azevedo, que definem em seus trabalhos qual a importância e conceito da robótica para fins educacionais nos dias atuais.

O segundo passo foi fazer uma pesquisa referente à história da robótica educacional, o que foi realizado a partir da análise de artigos e trabalhos que tinham como fundamentação a história da robótica educacional. Neste estudo observou-se que os primeiros robôs foram criados por William Grey Walter na década de 50, mas eles foram utilizados para fins educacionais somente da década de 70 por Papert, a partir disso as práticas pedagógicas utilizando robôs se expandiram, a linguagem Logo (utilizada para programação dos robôs) foi sendo aperfeiçoada, novos Kits foram sendo desenvolvidos pela empresa Lego e a robótica ganhou espaço amplo na educação.

O terceiro assunto estudado para aprofundar esse item foi o estudo da teoria de aprendizagem de Seymour Papert e para tal fim foi utilizada como base teórica o livro *A máquina das crianças - Repensando a escola na era da informática*, escrito por Seymour Papert. Também se buscou neste estudo outros autores, como Ferreira, Rocha e Barbosa, que são estudiosos e defensores da robótica educacional como ferramenta de impacto positivo no aprendizado dos estudantes.

b) A história das ciências e a sua contribuição no ensino de ciências

A proposta deste trabalho é utilizar a robótica educacional e a história das ciências para abordar o estudo dos movimentos na cinemática. Portanto, depois da conclusão do levantamento teórico sobre a robótica, o próximo passo foi o levantamento de bibliografias referentes ao estudo da história das ciências, abordando-se sobre seu

histórico, sua implantação na educação brasileira e a sua relevância na apropriação de conceitos científicos pelos estudantes do Ensino Médio.

Para essa etapa pesquisou-se alguns autores, como Porto, Prestes e Souza, entre outros, que defendem a importância de conectar conteúdos à história dos cientistas e suas teorias, além de descreverem em seus trabalhos uma visão da frequência das histórias das ciências nos livros didáticos, a falta de referencial teórico traduzido para português e fazerem uma ressalva sobre a falha do ensino das licenciaturas em não darem ênfase ao estudo da história das ciências em seus cursos. Depois de realizar essa pesquisa, foram descritas neste trabalho quais as contribuições da história das ciências para essa proposta didática.

Ao concluir esta etapa, o próximo passo foi uma pesquisa sobre a história dos movimentos, partindo das teorias desenvolvidas por Aristóteles até a teoria de Galileu sobre os movimentos. Para descrever esses conceitos, o trabalho baseou-se nos seguintes autores: Peduzzi, Cunha, Silva, Campos, Porto e Alves, entre outros. Sendo que o principal referencial foi o autor Luiz O. Q. Peduzzi.

Partindo do referencial teórico levantado, nesta etapa foi desenvolvida a primeira parte da sequência didática proposta no produto educacional deste trabalho. Para isso foram escritos dois textos sobre a história dos movimentos a partir de todo o material coletado e estudado. Por meio desses textos foram elaboradas questões que visam fazer com que o estudante desenvolva uma reflexão sobre a humanização do ensino da ciência, mostrando uma ciência mais humana e suscetível a erros. Outro objetivo é fazer com que haja a apropriação deste conteúdo por meio de uma análise mais profunda dos conceitos relacionados ao estudo dos movimentos.

c) Cinemática

Por conseguinte, foi realizado um estudo da cinemática, com ênfase no estudo do movimento retilíneo uniforme, conteúdo que será abordado na sequência didática proposta neste trabalho.

Para realizar esta etapa, foram estudados alguns trabalhos dos autores: Nussenzveig, Simmons, Cavalcanti, Halliday e Hewitt, entre outros. O conteúdo abordado no referencial teórico serviu como base para o desenvolvimento da atividade prática sobre o estudo do MRU do produto educacional, que aborda os conceitos de

velocidade, movimento, construção e análise de gráficos de posição e tempo e velocidade e tempo.

5.3 Produção do material instrucional

O material instrucional foi desenvolvido por partes, conforme os estudos do referencial teórico foram sendo concluídos. Desse modo, refletiu-se sobre uma sequência que teria como base a história das ciências e a robótica educacional no estudo do MRU, além do desenvolvimento de vídeo-tutoriais e um site contendo todas as informações pertinentes à aplicação desta proposta didática.

a) História das ciências

Após a conclusão do levantamento teórico sobre a história dos movimentos, houve a construção de dois textos referentes aos conceitos sobre os movimentos. O primeiro texto aborda as teorias desenvolvidas por Aristóteles para explicar o movimento dos corpos na superfície da Terra e, após a conclusão do texto, foi elaborado um questionário para que os estudantes possam refletir sobre essas teorias. O segundo texto aborda os conceitos de movimento criados por Galileu, e a atividade também envolve um questionário para que os estudantes possam conhecer e refletir sobre essa teoria.

Para concluir a história das ciências e mostrar como alguns conceitos sobre a ela são erroneamente apresentados, foi proposto no produto educacional um vídeo que trata da lenda da Torre de Pisa e, a partir dele, foi elaborado um questionário para que o estudante possa, ao final do trabalho, elaborar o conceito sobre o movimento dos corpos, tal como o conhecemos hoje.

b) Estudo do MRU por meio da robótica educacional

Após a conclusão dos textos referentes à história da ciência, o próximo passo foi elaborar uma sequência didática para abordar o MRU por meio da robótica educacional, tendo como base a apropriação do conhecimento a partir da teoria construtivista de Papert.

Esta parte do produto educacional foi elaborada depois da conclusão do referencial teórico que diz respeito ao estudo da robótica educacional e aos conceitos de

cinemática. Assim, pensou-se em uma atividade prática que faria com que o estudante pudesse, a partir de observações referentes ao comportamento de robôs, desenvolver os conceitos de velocidade, MRU e função horária, e por meio disso pudesse elaborar gráficos e os interpretar.

Outro ponto bastante relevante na elaboração do produto educacional, foi buscar detalhar o máximo possível a montagem e programação do robô, de modo que tanto o estudante como o professor que deseja aplicar a proposta deste trabalho em suas aulas possam compreender com mais facilidade as etapas de programação e montagem do robô.

Por fim, a construção do produto educacional visou fazer com que o estudante pudesse “aprender fazendo”. Portanto, a sequência didática foi elaborada pensando em fazer com que o estudante seja o protagonista e que o professor intervenha o mínimo possível na construção deste conhecimento. A proposta foi desenvolvida trazendo um passo a passo bem detalhado de como os estudantes devem proceder na realização desta atividade.

c) Desenvolvimento dos vídeo-tutoriais e criação do site

Pensando nos professores que têm o ímpeto de aplicar esse produto educacional, mas nunca trabalharam com o kit Lego, foram desenvolvidos para a aplicação desta proposta vídeo-tutoriais contendo explicações detalhadas sobre como montar, programar e desenvolver as atividades com os estudantes. Nesses vídeo-tutoriais também foi abordado o uso da planilha eletrônica Excel, que faz parte da prática proposta.

Para facilitar a interação dos estudantes e propor uma nova forma de abordagem sobre a história das ciências, foram desenvolvidos dois vídeo-tutoriais contendo a história dos movimentos de Aristóteles e Galileu.

A coletânea deste material está disponível no site: <https://sites.google.com/view/cinematicaroboticaeducacional/inicio>, e tem por objetivo facilitar a prática pedagógica, já que todas as informações estão compiladas em um mesmo local.

5.4 Implementação do projeto

5.4.1 Público-alvo

A atividade proposta foi aplicada com os estudantes do primeiro ano matutino do Ensino Médio da Escola de Educação Básica de Meleiro, localizada no município de Meleiro - SC. A unidade escolar foi escolhida por ter um laboratório de robótica, implantado em 2012. Atualmente as atividades do laboratório são orientadas pela autora deste trabalho e atende alunos do Ensino Médio.

5.4.2 Implementação da sequência didática

5.4.2.1 Sequência didática envolvendo a robótica educacional

O primeiro encontro (2 aulas) foi realizado em março de 2020, sendo que esta primeira parte foi desenvolvida presencialmente e teve por objetivo familiarizar os estudantes com o laboratório de robótica e o kit Lego NXT que será usado na sequência didática. Nessa primeira aula a turma foi dividida em equipes de quatro componentes e, posteriormente, foi feita a explicação sobre os componentes do kit Lego NXT. Em seguida foi proposta a construção de um robô utilizando o manual de instruções do próprio kit. Após a conclusão desta etapa, os estudantes receberam orientações sobre a programação e alguns desafios que eles deveriam cumprir, como: fazer o robô andar para frente, fazer um quadrado, dar a volta na mesa, entre outros, levando os estudantes a compreender como é feita a programação do robô Lego NXT.

No encontro seguinte (4 aulas) os estudantes receberam o material referente à prática envolvendo a robótica educacional e o estudo do movimento retilíneo uniforme. Como proposto no próprio produto educacional, houve o mínimo possível de interferências do professor, pois a sugestão é de que os próprios estudantes conduzam a atividade por meio do manual que receberam.

No final do mês de março as aulas presenciais foram suspensas devido a covid 19 (doença altamente contagiosa) e passaram a ser remotas. Por esse motivo não foi possível montar novamente os robôs, para dar continuidade na proposta didática os estudantes assistiram os vídeos que mostravam o movimento do robô nas 5 pistas

sugeridas no trabalho. Após eles assistirem o primeiro vídeo, foram questionados sobre:

a) O que representavam os pontos 0,20; 40; 60 e 80?; e b) Como poderiam calcular a velocidade do robô?

Cada equipe criou um grupo no WhatsApp onde eles discutiram e formularam uma resposta que posteriormente foi compartilhada com o grande grupo por meio do Google Meet. Após concluírem as explicações os estudantes calcularam a velocidade média do robô na pista um.

Após concluída essa etapa foi proposto aos estudantes que observarem as variações de distâncias nos intervalos de tempos anotados. As equipes relataram que a variação da distância era sempre a mesma. Então houve o questionamento a respeito da velocidade do robô, se era constante ou variável. A partir disso, construiu-se o conceito do movimento retilíneo uniforme e explicou-se a sua função horária. Após isso, as equipes construíram a função da primeira pista.

Posteriormente os estudantes foram instruídos ao conceito do MRU e a sua função horária. Então assistiram aos vídeos das pistas 2 e 3, calcularam sua velocidade e determinaram a função horária.

No terceiro encontro houve a construção das funções horárias das pistas 2 e 3 realizando os mesmos passos adotados para a pista 1. Ao concluírem essa atividade, as equipes foram questionadas para definirem as diferenças entre as funções encontradas. A partir disso houve a construção dos conceitos de classificação desse movimento em progressivo e retrógrado.

Após essa explicação os estudantes assistiram aos vídeos 4 e 5, observando a ultrapassagem e o encontro dos robôs. Como a velocidade já era conhecida por eles, os estudantes definiram quais eram as funções horárias para cada robô. Concluída a atividade, os estudantes foram orientados a desenvolver os gráficos na planilha eletrônica Excel. Para isso, devido ao fato de ter sido uma atividade aplicada remotamente, os alunos acompanharam o desenvolvimento do primeiro gráfico, utilizando a planilha eletrônica Excel, e posteriormente, de forma individual, eles foram desenvolvendo os demais gráficos sugeridos.

Ao concluírem essa etapa, os estudantes retornaram aos grupos para responder um questionário baseado no conteúdo que haviam aprendido.

5.4.2.2 Sequência didática envolvendo a história das ciências

Após concluírem a primeira etapa envolvendo a robótica educacional, as equipes foram orientadas para a realização da segunda parte do trabalho, que envolveu a história dos movimentos. Para o desenvolvimento da etapa foram necessárias duas aulas.

Primeiramente os estudantes foram questionados sobre alguns conceitos dos quais haviam se apropriado na prática anterior e, aproveitando os questionamentos, foi feita uma sondagem para compreender o que os estudantes já conheciam sobre a história dos movimentos (as questões aplicadas nesta etapa serão descritas no tópico de análise de resultados).

Partindo das questões discutidas, a próxima atividade foi fazer os estudantes compreenderem algumas teorias a respeito do movimento dos corpos. Para isso eles assistiram os vídeos (disponível na página <https://sites.google.com/view/cinematicaroboticaeducacional/inicio>), que apresentam a teoria de Aristóteles e Galileu para o movimento dos corpos, e o vídeo da série *Poeira das estrelas*, que relata o mito da queda dos corpos na Torre de Pisa, e, por fim, o vídeo de queda dos corpos no vácuo. Após assistirem os vídeos, alguns alunos comentaram sobre a queda de um martelo e de uma pena na Lua.

Dando continuidade, houve um debate a respeito do conteúdo compreendido nos vídeos, partindo dos seguintes pontos: a) como as teorias foram se modificando no decorrer do tempo; b) como a sociedade influenciou nessas teorias; c) quais os instrumentos de medida que Galileu utilizou; e d) como a falta de conhecimento faz com que muitas histórias das ciências, consideradas por muitos como verdadeiras, não passam de mitos.

Ao concluir essas explicações, as equipes responderam um questionário sobre os vídeos propostos.

5.5 Análise dos resultados

Para essa análise foi utilizado o diário de bordo (anotações de cada aula), a participação dos alunos, a dificuldade na compreensão, as atividades individuais (devido ao ensino remoto) e coletivas e a atividade avaliativa.

A análise qualitativa está teve como base a Teoria Fundamentada, de Strauss. Segundo Souza e Bellochio [2019], a teoria de Glaser e Strauss permite, por meio dos dados coletados, ampliar a análise da atividade proposta, para que novas compreensões possam ser analisadas.

As características que refletem a natureza da Teoria Fundamentada, relacionadas aos seus pressupostos epistemológicos, são: a aderência aos dados; a relevância para a área de investigação; a obrigação de funcionar, ou seja, ter emprego prático; e ser modificável, podendo ser ampliada posteriormente, com a produção de novas compreensões sobre o fenômeno analisado.

Portanto, para a análise dos dados com base na Teoria Fundamentada de Strauss, foram analisados os resultados aos seguintes questionamentos: a) Houve evolução conceitual por parte dos estudantes a respeito do MRU?; b) O uso da robótica facilitou a apropriação do conhecimento a respeito dos conceitos relacionados ao movimento?; c) A utilização de vídeos para explicar a história das ciências foi relevante?; e d) Os estudantes conseguiram a partir do concreto compreender os conceitos sobre os movimentos e sua história?

5.5.1 Respostas obtidas nas questões avaliativas

A atividade proposta aos estudantes foi dividida em duas etapas: a primeira foi a utilização da robótica como instrumento na definição dos conceitos relacionados à cinemática, mais precisamente o movimento retilíneo uniforme; a segunda etapa foi desenvolvida a partir dos conhecimentos adquiridos pelos estudantes previamente, etapa em que está inserida a construção da história das ciências.

5.5.1.1 Respostas obtidas nas questões avaliativas envolvendo a robótica educacional

As perguntas e respostas sobre o MRU e a robótica educacional são apresentadas nos Quadros 1 a 5 (em vermelho foram destacadas as respostas não satisfatórias).

| Equipes | 1- O que representavam os pontos 0,20; 40; 60 e 80? |
|---------|---|
| 1 | Tem a ver como localização na rodovia, avenida por exemplo. |
| 2 | São para marcar a distância. |
| 3 | Posição em uma trajetória. |
| 4 | Distância |
| 5 | Pontos de uma trajetória. |

Quadro 1 - Respostas das equipes para a pergunta 1

Fonte: elaborado pela autora [2020].

| Equipes | 2- Como poderiam calcular a velocidade do robô? |
|---------|--|
| 1 | Somar todos os pontos e dividir por 4. |
| 2 | Distância dividida por tempo. |
| 3 | Dividir o espaço pelo tempo. |
| 4 | Dividindo a distância pelo tempo. |
| 5 | Dividindo o espaço percorrido pelo tempo que levou para percorre-lo. |

Quadro 2 - Respostas das equipes para a pergunta 2

Fonte: elaborado pela autora [2020].

| Equipes | 3- Qual é a velocidade média do robô? |
|---------|---------------------------------------|
| 1 | 5 cm por segundo |
| 2 | 5 |
| 3 | 5 cm por segundo |
| 4 | 5 |
| 5 | 5 |

Quadro 3 - Respostas das equipes para a pergunta 3

Fonte: elaborado pela autora [2020].

| Equipes | 4- A velocidade é variável ou constante? |
|---------|--|
| 1 | Constante |
| 2 | Constante |
| 3 | Constante |
| 4 | Variável |
| 5 | Constante |

Quadro 4 - Respostas das equipes para a pergunta 4

Fonte: elaborado pela autora [2020].

| 5- Determine a função horária dos movimentos. | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Equipes | Função horária a pista 1 | Função horária a pista 2 | Função horária a pista 3 |
| 1 | $S= 15t$ | $S=15 + 4t$ | $S= 70+4,5t$ |
| 2 | $S= 15t$ | $S= 15+4t$ | $S= 70+4,5t$ |
| 3 | $S= 15t$ | $S= 15+4t$ | $S= 70+4,5t$ |
| 4 | $S= 15t$ | $S= 15+4$ | Não conseguiu |
| 5 | $S= 15t$ | $S= 15 + 4t$ | $S=70+(-4,54)t$ |

Quadro 5 - Respostas das equipes para a pergunta 5

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Após a conclusão dessa primeira etapa, já com os dados coletados, os estudantes desenvolveram os gráficos utilizando a planilha Excel. Posteriormente, eles responderam as questões propostas no trabalho a ser entregue. As respostas das equipes estão representadas nos Quadros 6 a 15.

| Equipes | Como a sua equipe calculou as velocidades do robô nas pistas propostas? |
|---------|--|
| 1 | Fizemos algumas contas mentalmente e outras fizemos o cálculo. |
| 2 | Dividindo a distância pelo tempo. |
| 3 | Utilizamos a fórmula da velocidade média (s = distância percorrida dividida pelo tempo decorrido). |
| 4 | Nós dividimos a distância pelo tempo. |
| 5 | Calculamos utilizando a fórmula da velocidade média, que é: $V = \text{espaço}/\text{tempo}$. |

Quadro 6 - Respostas referentes a questão 1 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Nesta questão 100% das equipes utilizaram formas diversas, mas conseguiram chegar aos resultados previstos, descrevendo de forma geral que dividiram a distância pelo tempo.

No início da atividade proposta, uma das equipes teve dificuldade para calcular a velocidade, mas, depois de escutarem os demais grupos, conseguiram chegar ao resultado.

| Equipes | Quanto ao movimento do robô, qual foi a trajetória descrita? |
|---------|--|
| 1 | Retilínea |
| 2 | Retilínea |
| 3 | Retilínea |
| 4 | Parábola. |
| 5 | Retilínea |

Quadro 7 - Respostas referentes à questão 2 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Nesta questão 80% dos estudantes compreenderam a trajetória descrita pelo robô, o que demonstra que a maioria dos estudantes se apropriou do conceito sobre as possíveis trajetórias de um corpo em movimento.

| Equipes | Quanto à velocidade do robô? Ela era constante ou variável? Como a sua equipe chegou à conclusão? |
|---------|--|
| 1 | Constante, pois manteve sempre a mesma velocidade. |
| 2 | Todas as velocidades são constantes, pois elas crescem em um ‘padrão’. |
| 3 | A velocidade do robô é constante. Chegamos a esta conclusão analisando os gráficos que foram produzidos nas aulas anteriores |
| 4 | Variável, pois ela mudou nas diferentes pistas. |
| 5 | Ela era constante. Chegamos a essa conclusão, pois, em nenhum momento da trajetória do robô, sua velocidade aumentou ou diminuiu, ela sempre permaneceu a mesma. |

Quadro 8 - Respostas referentes à questão 3 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Quando questionados sobre a característica da velocidade, 80% das equipes concluiu que a velocidade era constante. Uma das equipes alegou que era variável, mas, pelo que percebemos em sua resposta (Variável. Pois ela mudou nas diferentes pistas), eles comparam todas as pistas, ou seja, houve uma interpretação errônea da questão.

| Equipes | a) Classificação em progressivo ou retrógrado | |
|---------|---|-------------|
| 1 | Pista 1 | 5 cm/s |
| | Pista 2 | 4 cm/s |
| | Pista 3 | -4,5cm/s |
| 2 | Pista 1 | Progressivo |
| | Pista 2 | Progressivo |
| | Pista 3 | Retrógrado |
| 3 | Pista 1 | Progressivo |
| | Pista 2 | Progressivo |
| | Pista 3 | Retrógrado |
| 4 | Pista 1 | Progressivo |
| | Pista 2 | Progressivo |
| | Pista 3 | Retrógrado |
| 5 | Pista 1 | Progressivo |
| | Pista 2 | Progressivo |
| | Pista 3 | Retrógrado |

Quadro 9 - Respostas referentes à questão 4 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Uma equipe não classificou o movimento, mas escreveu o valor da velocidade. As demais equipes conseguiram responder à questão de forma satisfatória.

| Equipes | b) Coeficiente angular e sua relação com a rapidez do robô; |
|---------|--|
| 1 | <p>1-Média 2-Média 3-Média variável</p> |
| 2 | Quanto mais inclinado para cima o gráfico estiver, maior a velocidade do robô. |
| 3 | Quanto maior a inclinação, maior a velocidade, como podemos observar na tabela. |
| 4 | Não responderam. |
| 5 | <p>Mesmo com a inclinação da reta dos gráficos do comportamento do robô, a velocidade permanece a mesma, porém, se nos gráficos de velocidade a reta fosse inclinada, isso significaria que a velocidade teria diminuído ou aumentado com o tempo, mas nas atividades 1,2 e 3, a reta dos gráficos da velocidade sempre fica reta, o que significa que ela não muda.</p> |

Quadro 10 - Respostas referentes à questão 5 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Somente 40% equipes conseguiram relacionar corretamente a velocidade com o coeficiente angular. As demais equipes não interpretaram corretamente essa relação. Analisando as respostas: a primeira equipe respondeu que a velocidade é média na primeira pista, média na segunda e variável na terceira. Analisando as respostas, é perceptível que eles não compreenderam a questão e a relação entre inclinação e velocidade.

A equipe quatro não respondeu a questão e a equipe cinco respondeu: “Mesmo com a inclinação da reta dos gráficos do comportamento do robô, a velocidade permanece a mesma, porém se nos gráficos de velocidade a reta fosse inclinada, significaria que a velocidade teria diminuído ou aumentado com o tempo, mas nas atividades 1, 2 e 3, a reta dos gráficos da velocidade sempre fica reta, o que significa que ela não muda.”. Esta equipe fez a análise do gráfico de velocidade e tempo e não do gráfico sugerido. Sua interpretação não está errada, se analisarmos o gráfico que eles utilizaram de referência.

| Equipes | c) Ao valor da posição inicial | |
|----------------|---------------------------------------|----|
| 1 | Pista 1 | 0 |
| | Pista 2 | 15 |
| | Pista 3 | 70 |
| 2 | Pista 1 | 0 |
| | Pista 2 | 15 |
| | Pista 3 | 70 |
| 3 | Pista 1 | 0 |
| | Pista 2 | 15 |
| | Pista 3 | 70 |
| 4 | Pista 1 | 0 |
| | Pista 2 | 15 |
| | Pista 3 | 70 |
| 5 | Pista 1 | 0 |
| | Pista 2 | 15 |
| | Pista 3 | 70 |

Quadro 11 - Respostas referentes à questão 6 do trabalho proposto.

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Nesta pergunta todos os grupos responderam satisfatoriamente, logo, percebe-se que compreenderam o conceito de posição inicial, o que faltou foi prestar atenção na unidade de medida a ser usada. Nenhuma das equipes colocou essa informação.

| Equipes | d) Passagem pela origem (Passa pela origem? Se sim em qual instante?) | |
|---------|---|-----|
| 1 | Pista 1 | Não |
| | Pista 2 | Não |
| | Pista 3 | Sim |
| 2 | Pista 1 | Sim |
| | Pista 2 | Não |
| | Pista 3 | Sim |
| 3 | Pista 1 | Não |
| | Pista 2 | Não |
| | Pista 3 | Sim |
| 4 | Pista 1 | Sim |
| | Pista 2 | Sim |
| | Pista 3 | Sim |
| 5 | Pista 1 | Sim |
| | Pista 2 | Não |
| | Pista 3 | Sim |

Quadro 12 - Respostas referentes à questão 7 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Analisando as três primeiras pistas, somente 2 equipes tiveram 100% de acerto, as demais acabaram errando em alguma das pistas sugeridas. Acredita-se que ao analisar o gráfico os estudantes tiveram dificuldade em interpretar a linha do gráfico, que nem sempre tocou o eixo x, o que deve ter ocasionado os erros dessa questão.

| Equipes | Classificação em afim, linear ou constante | |
|---------|--|-----------|
| 1 | Pista 1 | Linear |
| | Pista 2 | Constante |
| | Pista 3 | Afim |
| 2 | Pista 1 | Linear |
| | Pista 2 | Afim |
| | Pista 3 | Afim |
| 3 | Pista 1 | Linear |
| | Pista 2 | Afim |
| | Pista 3 | Afim |
| 4 | Pista 1 | Constante |
| | Pista 2 | Constante |
| | Pista 3 | Constante |
| 5 | Pista 1 | Linear |
| | Pista 2 | Afim |
| | Pista 3 | Afim |

Quadro 13 - Respostas referentes à questão 8 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Ao serem questionados sobre a classificação da função, uma das equipes que errou classificou o gráfico de velocidade e tempo e não o de posição e tempo, logo, afirmou que todos eram constantes. A outra equipe classificou apenas um dos gráficos de forma errônea.

Percebe-se que os estudantes se apropriaram dos conceitos, mas acabaram algumas vezes classificando os gráficos de velocidade e tempo e não o gráfico que a questão estava pedindo.

| Equipes | As posições indicadas no gráfico estão de acordo com as indicadas nas pistas? |
|---------|---|
| 1 | Sim. |
| 2 | Sim, elas estão de acordo. |
| 3 | Sim, estão de acordo com a pista, porém alguns valores são aproximados. |
| 4 | Sim. |
| 5 | Sim. |

Quadro 14 - Respostas referentes à questão 9 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

| Equipes | <p>Nas pistas 4 e 5 observamos o encontro dos robôs. Analise os gráficos posição x tempo e responda: A respeito da posição e do instante de encontro, estes estão de acordo com o que foi observado na prática? Justifique.</p> |
|---------|---|
| 1 | <p>Pista 4: Sim, pois o gráfico representa o robô na prática. Pista 5: Sim, pois o gráfico representa o robô na prática.</p> |
| 2 | <p>Sim, porque no gráfico representa bem o instante do encontro deles, tanto dos robôs da pista 4 quanto da pista 5.</p> |
| 3 | <p>Sim, estão de acordo com a pista, porém alguns valores são aproximados.</p> |
| 4 | <p>Sim pois eles se encontraram no 15. Sim pois eles se encontraram no 6.</p> |
| 5 | <p>Sim, pois no gráfico os robôs se encontram no mesmo momento e posição em que se encontraram na prática, posição 65 e instante 15. Sim, pois no gráfico os robôs se encontram no mesmo momento e posição em que se encontraram na prática, posição 16,6 e instante 6,67.</p> |

Quadro 15 - Respostas referentes à questão 10 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Estas duas questões representadas nos Quadros 14 e 15 tiveram por objetivo fazer o estudante perceber de forma mais concreta a teoria e a prática. Desse modo, ao analisarem os gráficos eles perceberam que estavam de acordo com o que foi desenvolvido na atividade.

5.5.1.2 Respostas obtidas nas questões avaliativas envolvendo a história das ciências

Após concluírem as aulas envolvendo a robótica educacional, foi proposto aos estudantes o estudo da história dos movimentos, tendo como base as observações da atividade prática. Inicialmente, para adentrar nesse conteúdo, foi proposto às equipes a discussão de cinco perguntas que visavam mostrar a forma como os conceitos e teorias são elaborados. Os Quadros 16 a 20 apresentam as respostas obtidas.

| Equipes | Que meios vocês utilizaram para definir uma forma de calcular a velocidade do robô na primeira atividade? |
|----------------|---|
| 1 | A gente não deduziu, apenas tiramos conclusões com o que ela (professora) falou para nós. |
| 2 | A fórmula e o conceito de velocidade média, que já tínhamos em mente, devido a conteúdos estudados anteriormente. |
| 3 | Nós tínhamos uma ideia de como se calculava pela fórmula. |
| 4 | Aprendemos na sala de aula em uma fórmula que relacionava a divisão de distância e tempo. |
| 5 | Utilizamos alguns conceitos que já conhecíamos e, para ter certeza, pesquisamos na internet. |

Quadro 16 - Respostas para a questão introdutória 1, referente ao conteúdo da história dos movimentos

Fonte: elaborado pela autora [2020].

| Equipes | Sobre os conceitos estudados, como velocidade, deslocamento, posição em uma trajetória, entre outros, de onde vocês acreditam que vêm essas teorias? |
|----------------|---|
| 1 | Por meio de muitos estudos e deduções que eles faziam. |
| 2 | Acreditamos que esses conceitos foram desenvolvidos por meio de observações da natureza e experiências vividas pelos cientistas que criaram estes conceitos |
| 3 | Pela natureza e evolução. |
| 4 | Baseado em maioria de cálculos e também na comprovação obtida nos estudos históricos desenvolvidos e aplicados como teoria à ciência. |
| 5 | Por meio de estudos sobre velocidade e tempo. |

Quadro 17 - Respostas para a questão introdutória 2, referente ao conteúdo da história dos movimentos

Fonte: elaborado pela autora [2020].

| Equipes | A partir do que foi desenvolvido até este momento, vocês acreditam que as teorias são criadas a partir de observações? |
|----------------|---|
| 1 | Foi mudada, pois as teorias podem mudar até ter uma que é 100 por cento eficaz. |
| 2 | Acreditamos que algumas teorias foram modificadas, conforme a ciência evoluía, porém algumas permaneceram iguais. |
| 3 | Acreditamos que sim, durante o tempo as teorias foram se aperfeiçoando. |
| 4 | Sim, pois conforme o tempo foi passando, as pessoas e a ciência iam se aprofundando mais nos estudos dessas teorias, juntamente com o desenvolvimento da tecnologia que possibilitou a comprovação dessas teorias com mais precisão e facilidade. |
| 5 | Sim. Pois com o tempo os cientistas vão fazendo mais experimentos com base em teorias, para aperfeiçoá-las e descobrir coisas novas. |

Quadro 18 - Respostas para a questão introdutória 3, referente ao conteúdo da história dos movimentos

Fonte: elaborado pela autora [2020].

| Equipes | Vocês conhecem algum cientista ou teoria que envolve ou estudou os movimentos? |
|----------------|---|
| 1 | Não conhecemos. |
| 2 | Ao pensarmos nessa questão, nos veio em mente Isaac Newton e suas leis. |
| 3 | Nenhum de nós conhece. |
| 4 | O cientista Isaac Newton. A teoria dele era a velocidade da queda de um corpo é proporcional à força da gravidade e inversamente proporcional ao quadrado da distância até o centro da Terra. |
| 5 | Isaac Newton. |

Quadro 19 - Respostas para a questão introdutória 4, referente ao conteúdo da história dos movimentos

Fonte: elaborado pela autora [2020].

| Equipes | Pensando na forma como medimos a distância e o tempo na atividade envolvendo a robótica, como vocês acreditam que isso era feito antes da criação do relógio ou do metro? |
|----------------|---|
| 1 | Através da luz solar. |
| 2 | Utilizavam de meios naturais como o sol e as sombras, também utilizavam instrumentos como a ampulheta |
| 3 | Pelo movimento das sombras de acordo com o sol. |
| 4 | Se baseava pela posição do sol para medir o tempo. No início ele se baseava de acordo com a sua própria sombra, em seguida percebeu que ao fincar uma vareta no chão, no sentido vertical, teria esse mesmo efeito. |
| 5 | Utilizando ferramentas como o relógio do sol. |

Quadro 20 - Respostas para a questão introdutória 5, referente ao conteúdo da história dos movimentos

Fonte: elaborado pela autora [2020].

As questões propostas tiveram por objetivo fazer com que os estudantes refletissem sobre as teorias propostas por meio das observações de fenômenos e experimentos, ou seja, desenvolver conceitos teóricos a partir das práticas desenvolvidas.

A questão 1 (Que meios vocês utilizaram para definir uma forma de calcular a velocidade do robô na primeira atividade?) teve por objetivo fazer com que as equipes entendessem que a forma de calcular a velocidade pode ter sido feita a partir da observação do movimento do robô, mesmo que os estudantes tenham o conhecimento prévio de como efetuar esse cálculo, eles partem da observação de um experimento.

A questão 2 (Sobre os conceitos estudados como velocidade, deslocamento, posição em uma trajetória e entre outros. De onde vocês acreditam que vêm essas teorias?) teve por objetivo fazer com que as equipes entendessem a relação entre a observação de fenômenos e a elaboração de hipóteses ou teorias. A resposta esperada era de que as

teorias surgem por meio de observações de fenômenos naturais e/ou por meio de experimentos.

Já a questão 3 (A partir do que foi desenvolvido até este momento, vocês acreditam que as teorias são criadas a partir de observações?) teve por objetivo fazer o estudante refletir sobre uma ciência, que muitas vezes é ensinada como se fosse algo pronto e acabado, detentora do saber. Essa questão trouxe respostas bem satisfatórias, já que a maioria das equipes relatou que as teorias são aprimoradas com o tempo.

A questão 4 (Vocês conhecem algum cientista ou teoria que envolve ou estudou os movimentos?) teve por objetivo investigar o quanto os alunos já haviam ouvido falar sobre a história dos movimentos e de quais cientistas eles recordavam. Nenhuma equipe mencionou Aristóteles e ou Galileu, como era o esperado.

A questão 5 (Pensando na forma como medimos a distância e o tempo na atividade envolvendo a robótica, como vocês acreditam que isso era feito antes da criação do relógio ou da régua?) teve por objetivo fazer os estudantes refletirem sobre a dificuldade em se criar teorias para explicar os fenômenos naturais na antiguidade.

Essa atividade concentrou-se particularmente na ideia de fazer o estudante perceber que muitas teorias que estudamos atualmente foram desenvolvidas por meio da experimentação e da observação dos fenômenos naturais.

Após concluir os questionamentos sobre os vídeos assistidos, as equipes responderam questões referentes ao conteúdo, apresentadas nos Quadros 21 a 38.

| Equipes | 1- De acordo com o texto, argumente sobre as afirmações abaixo, explicando qual observação levou Aristóteles a defender essa teoria. a) Tudo que se modifica é movimento. |
|----------------|---|
| 1 | Para Aristóteles, qualquer simples transformação era um movimento, por exemplo, para ele, uma planta crescendo era um movimento. |
| 2 | Para Aristóteles, qualquer transformação caracterizava o movimento, por exemplo: uma semente que se transforma em árvore, um ser humano que cresce, etc. Ele defendia isso pois, para ele, o movimento acontece porque a matéria tende a encontrar sua perfeição. |
| 3 | Para Aristóteles, qualquer transformação caracteriza movimento, por exemplo uma semente que se transforma em árvore, pois para ele o movimento acontece porque a matéria tende a encontrar a sua perfeição. |
| 4 | Em branco. |
| 5 | Para ele o conceito de movimento é mais amplo. Qualquer mudança representa características do movimento. |

Quadro 21 - Respostas referentes à questão 1 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Nesta questão 80% das equipes obtiveram êxito em sua resposta, o objetivo desta era fazer o estudante perceber a teoria criada por Aristóteles para explicar o conceito de movimento. Percebeu-se que a maioria dos estudantes conseguiu localizar nos vídeos o trecho em que isso foi abordado. Somente uma equipe não respondeu à questão proposta.

| Equipes | 1- De acordo com o texto, argumente sobre as afirmações abaixo, explicando qual observação levou Aristóteles a defender essa teoria. b) O vácuo não existe. |
|---------|---|
| 1 | Como para ele não existia movimento sem força e sem resistência, logo o vácuo para ele não existia. |
| 2 | Ele acreditava que o vácuo não existia pois, para ele, era impossível a existência de movimento sem força e resistência, logo, o movimento no vácuo não existia. Porém, como havia movimentação no cosmo de Aristóteles, ele passou a acreditar que não existia vácuo lá nem em lugar nenhum. |
| 3 | Para ele é impossível a existência de movimento sem força e sem resistência. Logo, o movimento no vácuo não existe. |
| 4 | Em branco. |
| 5 | Teoria dada pela aplicação de força aplicação de força. Para ele é impossível a existência de movimento sem força e sem resistência. Logo, o vácuo não existe. |

Quadro 22 - Respostas referentes à questão 1 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Esta questão teve um alto índice de acertos (80%). Os estudantes conseguiram de forma satisfatória encontrar no vídeo uma explicação para a afirmação de Aristóteles sobre a não existência do vácuo. Somente uma equipe não respondeu.

| Equipes | <p>1- De acordo com o texto, argumente sobre as afirmações abaixo, explicando qual observação levou Aristóteles a defender essa teoria.</p> <p>c) A Terra não exerce nenhuma força de interação com objetos abandonados em sua superfície.</p> |
|---------|---|
| 1 | <p style="text-align: center;">Em branco.</p> |
| 2 | <p>Aristóteles defendia isso pois, para ele uma pedra por exemplo, ao ser abandonada cai, pois deve encontrar seu lugar natural, por ser pesada esse lugar corresponde ao centro do Universo, que para ele coincide com o centro da Terra, assim a pedra só não se desloca até o centro por ser impedida pelo chão. Mesmo que não existisse a Terra, a pedra iria se movimentar até o centro do Universo. Então, os objetos abandonados na superfície da Terra se deslocam, mesmo sem a Terra exercer força sobre eles.</p> |
| 3 | <p>Para Aristóteles uma pedra ao ser abandonada cai, pois irá ao encontro de seu lugar natural, por ser pesada esse lugar corresponde ao centro do Universo, que para ele coincide com o centro da Terra. Mesmo que não existisse a Terra, a pedra iria se movimentar até o centro do Universo.</p> |
| 4 | <p style="text-align: center;">Em branco.</p> |
| 5 | <p style="text-align: center;">A terra se encontrava no centro do universo imóvel e os demais astros conhecidos na época giravam em torno dela.</p> |

Quadro 23 - Respostas referentes à questão 1 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Essa questão teve um baixo nível de acerto. Duas equipes não responderam e uma respondeu de forma incompleta. Acredita-se que os estudantes não compreenderam o que foi perguntado a eles, por isso a questão teve um nível de acerto baixo.

Esperava-se que os estudantes compreendessem a partir dos vídeos a teoria de Aristóteles a respeito dos corpos serem “puxados” de forma espontânea para o centro do universo, logo, não seria a Terra que interage com eles, mas sim o centro do universo que coincide com o centro da Terra.

| Equipes | <p align="center">1- De acordo com o texto, argumente sobre as afirmações abaixo, explicando qual observação levou Aristóteles a defender essa teoria.</p> <p align="center">d) A velocidade de um corpo é proporcional ao seu peso.</p> |
|---------|---|
| 1 | <p align="center">Aristóteles acreditava que o peso de um corpo influencia em sua velocidade, então para ele, se abandonarmos uma pedra e uma pena, a pedra chegará primeiro ao solo.</p> |
| 2 | <p>Ele defendia isso pois acreditava que quanto mais pesado era um corpo, maior era sua velocidade, e quanto mais leve, menor era sua velocidade. Usando como exemplo uma pedra e uma pena, se abandonarmos uma pedra e uma pena, a pedra chega primeiro ao solo, isso pois seu peso é maior.</p> |
| 3 | <p>Para Aristóteles o peso de um corpo influencia em sua velocidade, logo se abandonarmos uma pedra e uma pena, a pedra chega primeiro ao solo.</p> |
| 4 | <p align="center">Em branco.</p> |
| 5 | <p>Para Aristóteles o peso de um corpo influencia em sua velocidade, por exemplo, se jogarmos uma pedra e uma pena, a pedra chegara primeiro no chão.</p> |

Quadro 24 - Respostas referentes à questão 1 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Essa questão teve um baixo nível de acerto. Duas equipes não responderam e uma respondeu de forma incompleta. Acredita-se que os estudantes não compreenderam o que foi perguntado a eles, por isso a questão teve um nível de acerto baixo.

Esperava-se que os estudantes tirassem dos vídeos a teoria de Aristóteles a respeito dos corpos serem “puxados” de forma espontânea para o centro do universo, logo, não seria a Terra que interage com eles, mas sim o centro do universo que coincide com o centro da Terra.

| Equipes | 1- De acordo com o texto, argumente sobre as afirmações abaixo, explicando qual observação levou Aristóteles a defender essa teoria. e) A Terra se encontra em repouso no centro do universo. |
|---------|---|
| 1 | Porque segundo ele, a Terra estava no centro do universo, e os astros que conhecemos hoje estavam girando ao redor da Terra. (Incompleta) |
| 2 | Ele defendia isso pois, para ele, os corpos se movimentavam para encontrar seu lugar natural, e como a Terra permanecia em repouso no centro do universo, ele acreditava que ela já havia encontrado seu lugar natural. |
| 3 | O mundo supralunar era perfeito e imutável, assim os corpos celestes giravam em perfeita harmonia mergulhados em uma substância chamada éter. A Terra permanecia imóvel no centro do universo, pois já encontrou o seu lugar natural. |
| 4 | Em branco. |
| 5 | Para ele o exercício e o repouso estão ligados a ordem natural, quando um corpo se move, significa que está retornando a sua posição natural. |

Quadro 25 - Respostas referentes à questão 1 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Essa questão teve um baixo nível de acerto. Duas equipes não responderam e uma respondeu de forma incompleta. Acredita-se que os estudantes não compreenderam o que foi perguntado a eles, por isso a questão teve um nível de acerto baixo.

Esperava-se que os estudantes tirassem dos vídeos a teoria de Aristóteles a respeito dos corpos serem “puxados” de forma espontânea para o centro do universo, logo, não seria a Terra que interage com eles, mas sim o centro do universo que coincide com o centro da Terra.

| Equipes | 1- De acordo com o texto, argumente sobre as afirmações abaixo, explicando qual observação levou Aristóteles a defender essa teoria. f) Repouso e movimento são condições opostas. |
|---------|---|
| 1 | Para ele, quando um corpo está em movimento significa que ele está buscando seu lugar natural. Quando está em repouso, significa que está no seu lugar natural. (Incompleta). |
| 2 | Para Aristóteles o movimento e repouso estão relacionados com a ordem natural. Portanto, quando um corpo está em movimento significa que ele está retornando ao seu lugar natural. Quando está em repouso significa que já ocupa o seu lugar natural. Logo, repouso e movimento são noções opostas, ou seja, se o corpo estiver em repouso não poderá estar em movimento. |
| 3 | Quando algo está em repouso significa que já ocupa o seu lugar natural. Portanto, repouso e movimento são opostos, pois se o corpo estiver em repouso não poderá estar em movimento. |
| 4 | Em branco. |
| 5 | Para ele o exercício e o repouso estão ligados a ordem natural, quando um corpo se move, significa que está retornando a sua posição natural. |

Quadro 26 - Respostas referentes à questão 1 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

O objetivo desta questão foi fazer o estudante perceber que para Aristóteles os conceitos de movimento e repouso são bastante diferentes dos conceitos que usamos atualmente. A maioria das equipes (60%) compreendeu esse conceito e conseguiu extrair com sucesso esse trecho do material de apoio.

| Equipes | Questão 2) Para Aristóteles, o movimento violento só existe enquanto existir força atuando sobre o corpo. Você concorda com essa afirmação? Justifique. |
|---------|---|
| 1 | Sim, porque, por exemplo, ao atirar uma pedra, temos que fazer uma força. |
| 2 | Sim, pois o conceito de movimento violento é que ele só ocorre quando existe a ação de uma força externa sobre um corpo, fazendo com que ele se movimente. |
| 3 | Concordo, pois quando a força for interrompida, tal movimento irá parar. Por exemplo, se uma caixa estiver sendo empurrada para a beira de um penhasco, quando ela for derrubada a força aplicada para derrubá-la irá acabar, e ela irá em direção a sua posição natural (centro da terra). |
| 4 | Não pois o gás hélio vai para cima por causa da densidade. |
| 5 | Não. Porque um corpo pode ter um movimento violento mesmo quando não existe uma força sobre seu corpo. |

Quadro 27 - Respostas referentes à questão 2 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

A questão 2 foi direcionada para perceber as concepções alternativas que os estudantes têm a respeito de movimento e força. Mesmo já Campos e Ricardo [2012] tendo estudado e desenvolvido a atividade prática onde foi possível mostrar ao estudante que, mesmo quando a força resultante de um corpo é igual a zero, ele pode sim estar em movimento de acordo com um determinado referencial, nenhuma das equipes conseguiu chegar a esse conceito.

Citação da equipe um: “Sim, porque, por exemplo, ao atirar uma pedra, temos que fazer uma força.” Percebe-se que essa equipe se limitou somente ao movimento de subida dos corpos, não se atentando a outros exemplos, como o da esfera de Galileu ou mesmo a prática realizada na atividade anterior.

Citação da equipe 2: “Sim, pois o conceito de movimento violento é que ele só ocorre quando existe a ação de uma força externa sobre um corpo, fazendo com que ele se movimente.” Essa equipe também apresenta os mesmos erros de conceito da equipe um, respondendo conforme as suas percepções alternativas a respeito do movimento.

Citação da equipe 3: “Concordo, pois quando a força for interrompida, tal movimento cessará. Por exemplo, se uma caixa estiver sendo empurrada para a beira de um penhasco, quando ela for derrubada a força aplicada para derrubá-la irá acabar, e ela irá em direção a sua posição natural (centro da Terra).” Essa equipe também se utilizou de uma concepção alternativa para responder à questão, o que está bem nítido quando os estudantes relatam “se a força for interrompida o movimento irá parar”.

Citação da equipe 4: “Não, pois o gás hélio vai para cima por causa da densidade.” Em partes a equipe acertou questão, mas os estudantes pensaram em um conceito errôneo para defender a ideia de que corpos com força resultante igual a zero podem estar em movimento.

Citação da equipe 5: “Não. Porque um corpo pode ter um movimento violento mesmo quando não existe uma força sobre seu corpo.” Essa equipe foi a única que conseguiu compreender a interação entre a força e o movimento.

É perceptível que muitos alunos ainda têm a concepção de que se cessando a força sobre um corpo, este cessa o movimento. Somente uma equipe não concordou com os pensamentos aristotélicos a respeito da relação entre força e movimento.

| Equipes | Questão 3) Para Aristóteles, se um corpo está em repouso, não pode estar em movimento. Essa afirmação é correta? Justifique. |
|---------|---|
| 1 | Não, porque tudo depende do referencial. |
| 2 | Não, pois mesmo que movimento e repouso sejam dois opostos, um corpo pode sim estar em movimento e em repouso ao mesmo tempo, tudo depende do referencial adotado, por exemplo: se duas pessoas estão dentro de um carro, uma está em repouso se o referencial for a outra, isso pois as duas estão sobre a mesma velocidade, porém, se for utilizar um poste na calçada como referencial, as pessoas estão em movimento, isso elas e o poste estão sobre velocidades diferentes. |
| 3 | Esta afirmação está errada, pois dependendo do observador algo pode estar em movimento e ao mesmo tempo em repouso. |
| 4 | Não pois depende da perspectiva do corpo. (Incompleta). |
| 5 | Sim, porque quando uma pessoa está parada/em repouso seu corpo não está em movimento. |

Quadro 28 - Respostas referentes à questão 3 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Esperava-se que os estudantes discordassem das ideias de Aristóteles sobre movimento e repouso, pois já havia sido explanado em sala de aula os dois conceitos. A maioria das equipes respondeu à questão de forma satisfatória (60%), mas esperava-se que todos tivessem respondido corretamente, já que eles conhecem a teoria atual sobre esses conceitos.

| Equipes | Questão 4) Ao analisar os dois textos sobre as teorias do movimento de Aristóteles e Galileu, cite as contradições entre elas. |
|---------|--|
| 1 | Aristóteles acreditava que a massa de um objeto ia interferir na sua queda, porém Galileu ‘desmentiu’ essa afirmação, ‘jogando’ dois objetos com massas diferentes do alto da Torre de Pisa, e ambos os objetos caíram ao mesmo tempo no chão. |
| 2 | Aristóteles classificou os movimentos dos corpos de duas formas: violentos e os naturais. Mas Galileu, no entanto, definiu outro tipo de movimento que ele chamou de movimento neutro, este consistia no movimento circular de uma esfera em torno de seu eixo. Para Aristóteles, a queda dos corpos ocorria pois eles deviam encontrar seu lugar natural, já para Galileu, quando um corpo é lançado para cima, este recebe uma certa qualidade ou virtude (impetus ou força), a medida em que ele sobe essa qualidade vai decrescendo e deixando o corpo cada vez mais leve, é devido a essa leveza que o corpo sobe, já que corpos leves tendem a subir, quando a força se torna menor que o peso do corpo, este começa um movimento de descida, e a medida que cai sua qualidade continua a diminuir, sendo a força peso maior que o impetus o móvel acelera, à medida que a força impressa a ele cessa ele continua seu movimento com velocidade constante. Além disso, para Galileu, se em uma superfície plana, lisa, feita de um material como o aço, que não está paralela com o solo, fosse colocada em cima dela, uma bola perfeitamente esférica e feita de um material pesado, como o bronze, quando a bola fosse solta ela permaneceria parada. Já para Aristóteles, a bola iria espontaneamente rolar para baixo. |
| 3 | Aristóteles classificou os movimentos dos corpos de duas formas: violentos e os naturais. No entanto, Galileu definiu outro tipo de movimento que ele chamou de movimento neutro, este era baseado no movimento circular de uma esfera em torno de seu eixo. Outra observação relevante de Galileu foi a de que a esfera continua seu movimento de modo indefinido quando se despreza a influência do atrito entre as superfícies. |
| 4 | Leveza ao subir, quanto mais massa mais o objeto descia, o movimento neutro e o plano inclinado. |
| 5 | <p>Aristoteles: ele acreditava que o universo era esférico é finito e que a terra era o centro do universo e os demais astros giravam em torno dela.</p> <p>Sublunar: abaixo da lua: qualquer transformação caracteriza o movimento exemplo: um ser humano que cresce.</p> <p>Suprelunar: acima da lua: ele era perfeito é mutável assim os astros se moviam em perfeita harmonia mergulhados em uma substância que ele chamava de éter e a terra ficava imóvel no meio do universo pois encontrou seu lugar natural.</p> <p>Galileu: ele acredita na teoria do movimento neutro que consistia no movimento circular de uma esfera em torno de seu eixo.</p> <p>Ele chegou na conclusão que quando um corpo é abandonado no auto de um plano inclinado ele vai de forma acelerada.</p> <p>Quando é colocado na ponta da rampa só conseguirá subir se receber o impulso inicial.</p> <p>Para manter o repouso na rampa é preciso a aplicação de uma força.</p> <p>Conclusão: as duas teorias têm pontos que são muito similares um exemplo é que se abandonarmos um corpo no alto tem um plano inclinado ele descera de forma acelerada. (Confusa)</p> |

Quadro 29 - Respostas referentes à questão 4 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

| Equipes | Questão 5) Em que parte do texto está evidente que a sociedade influenciou a história das ciências? |
|---------|---|
| 1 | Em branco. |
| 2 | Na parte em que é abordado sobre o experimento da Torre de Pisa, isso pois este experimento nunca aconteceu, mas ficou muito famoso por ter sido descrito por um único aluno de Galileu chamado Vincenzo Viviane, que escreveu a primeira biografia de Galileu 12 anos após a sua morte, onde era relatado o do experimento fictício. |
| 3 | “Para Aristóteles o universo era esférico e finito. A terra se encontrava no centro dele imóvel e os demais astros conhecidos na época giravam em torno dela.” Acreditamos que seja neste trecho, pois a sociedade da época acreditava que a terra era o centro do universo e a simetria e beleza eram fundamentais. |
| 4 | Pois uma teoria era muito conhecida e muito usada não dando espaço as outras. |
| 5 | Com a evolução humana. |

Quadro 30 - Respostas referentes à questão 5 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Esta questão teve um baixo índice de acertos (40%). Esperava-se que os estudantes pudessem perceber as divergências entre a relação de “força e movimento” e “peso e velocidade” das duas teorias (aristotélica e galileana).

Citação da equipe 1: “Aristóteles acreditava que a massa de um objeto ia interferir na sua queda, porém Galileu ‘desmentiu’ essa afirmação, ‘jogando’ dois objetos com massas diferentes do alto da Torre de Pisa, e ambos os objetos caíram ao mesmo tempo no chão.”. A equipe compreendeu a conceito de peso e velocidade, mas defendeu o experimento que jamais aconteceu.

As demais equipes que responderam de forma errada acabaram trazendo respostas confusas e incompletas. Duas equipes conseguiram elencar de forma satisfatória as divergências das duas teorias.

| Equipes | Questão 6) De acordo com o texto, qual experimento nos mostra a primeira ideia do princípio da inércia? |
|---------|---|
| 1 | Foi Galileu quem mostrou o primeiro experimento com princípios da inércia, lá ele estudou os corpos em movimento sobre um plano inclinado. |
| 2 | Um experimento feito por Galileu para explicar os movimentos em planos inclinados e horizontais. |
| 3 | Para manter em repouso um corpo em uma rampa é necessária a aplicação de força. Mas se o corpo for colocado em um plano horizontal, não é necessário aplicar uma força para que este permaneça em repouso, caso esse receba uma força se deslocará indefinidamente com velocidade constante desde que as forças de resistência sejam desconsideradas. |
| 4 | A questão de a bola girar no seu eixo. |
| 5 | Em branco. |

Quadro 31 - Respostas referentes à questão 6 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Esta questão teve baixo índice de acertos (40%). Esperava-se que os estudantes percebessem que o cosmos de Aristóteles foi desenvolvido levando em consideração a ideia de um mundo simétrico, como os gregos defendiam.

Uma das equipes relatou sobre o experimento da Torre de Pisa, o que não seria uma resposta esperada, mas a questão deu abertura para tal resposta, portanto foi considerada correta.

As demais equipes não conseguiram compreender o que a questão estava solicitando e acabaram deixando em branco ou respondendo de forma incoerente e incompleta.

| Equipes | Questão 7) Quais as influências que levaram Aristóteles propor um cosmo simétrico e harmonioso? |
|---------|---|
| 1 | Porque para os gregos, simetria e beleza eram sinônimos, então Aristóteles decidiu criar um universo simétrico. |
| 2 | Para os gregos, simetria e beleza eram sinônimos, pensando nisso, Aristóteles propôs um modelo de cosmo simétrico e perfeito |
| 3 | As influências foram a sociedade em si, porém principalmente a igreja católica, que acreditava que a terra era o centro do universo e o resto dos astros girava ao nosso redor. Os gregos também tiveram seu papel para moldar o esquema de Aristóteles, para eles a simetria era fundamental, podemos notar claramente que isto influenciou Aristóteles. |
| 4 | Por causa do por acaso, de tudo estar num certo lugar por acaso. |
| 5 | Suas observações empíricas e teorias sublunar e supralunar. |

Quadro 32 - Respostas referentes à questão 7 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Esta questão teve 80% de acertos. Percebe-se que a maioria dos estudantes conseguiu extrair do material de apoio o experimento sobre o princípio da inércia. E uma única equipe não respondeu.

| Equipes | Questão 8) Como era o cosmos de Aristóteles? |
|---------|---|
| 1 | Para ele, a Terra estava no centro e os astros giravam em volta dela. O cosmos de Aristóteles era formado de duas partes: o mundo sublunar abaixo da Lua e o supralunar acima da Lua. Já o mundo sublunar era formado pelos quatro elementos: terra, água, ar e fogo cada um ocupando o seu lugar natural. |
| 2 | O cosmos de Aristóteles era formado de duas partes: o mundo sublunar (abaixo da Lua) e o supralunar (acima da Lua). O mundo sublunar era formado pelos quatro elementos: terra, água, ar e fogo cada um ocupando o seu lugar natural. Já o mundo supralunar era perfeito e imutável, assim os corpos celestes giravam em perfeita harmonia mergulhados em uma substância chamada éter ou quinta essência. A Terra permanecia imóvel no centro do universo, isso porque ela já havia encontrado o seu lugar natural. |
| 3 | Para Aristóteles o universo era esférico e finito. A terra se encontrava no centro dele imóvel e os demais astros conhecidos na época giravam em torno dela. O cosmos de Aristóteles era formado de duas partes: o mundo sublunar abaixo da Lua e o supralunar acima da Lua. O mundo sublunar era formado pelos quatro elementos: terra, água, ar e fogo cada um ocupando o seu lugar natural. Já mundo supralunar era perfeito e imutável, assim os corpos celestes giravam em perfeita harmonia mergulhados em uma substância chamada éter. |
| 4 | No centro a terra, antes da lua os elementos e depois o universo. (Incompleto). |
| 5 | Era formado de duas partes: o mundo sublunar abaixo da Lua e o supralunar acima da Lua. (Incompleta). |

Quadro 33 - Respostas referentes à questão 8 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Esperava-se que as equipes descrevessem o modelo de universo de Aristóteles. A maioria descreveu satisfatoriamente os demais descreveram a resposta incompleta. A questão teve 60% de acertos.

| Equipes | Questão 9) O vídeo descreve que Aristóteles explicava a gravidade por meio da queda dos corpos. Você concorda com esse trecho do vídeo? |
|---------|---|
| 1 | Sim, porque hoje sabemos que quando se fala da gravidade, não importa a massa do objeto, porque ao lançar os objetos simultaneamente do mesmo lugar, ambos cairão no mesmo instante. O objeto com menor massa só cairá depois caso o ar interferir. |
| 2 | Concordamos que isso realmente está presente na teoria de Aristóteles sobre o movimento, isso pois nela ele fala sobre o lugar natural dos corpos e que quanto mais pesado um objeto mais rápida é sua queda, porém, não concordamos que isso seja verdade, porque os objetos não caem devido ao ser lugar ser o centro do universo, que coincide com o centro da Terra, até porque o centro do Universo não está na Terra, e também não concordamos que o objeto mais pesado sempre cairá mais rápido, pois isso só poderá acontecer considerando a resistência do ar. Uma prova disso é que em um lugar com vácuo os objetos mais pesados e os mais leves caem ao mesmo tempo. Além disso, muitas vezes, mesmo considerando a resistência do ar, objetos de pesos diferentes chegam no solo ao mesmo tempo. |
| 3 | Concordo em partes, pois hoje sabemos que os corpos caem devido força da gravidade, e sem ela as coisas iriam flutuar como é visto em alguns locais do espaço. (Incompleta). |
| 4 | Não pois por causa do ar um objeto pode cair mais rápido ou mais devagar. |
| 5 | Sim. Acreditamos que a queda dos corpos tem bastante influência da gravidade. Por exemplo um corpo não poderá subir uma rampa sem um impulso inicial e se colocarmos um corpo em cima de uma rampa ele deverá com mais facilidade sem precisar de um impulso. |

Quadro 34 - Respostas referentes à questão 9 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Esta questão traz duas abordagens de respostas. Os estudantes poderiam citar a relação entre peso e velocidade ou o que seria a gravidade na teoria aristotélica (Terra no centro do universo).

Citação da equipe 1: “Sim, porque hoje sabemos que quando se fala da gravidade, não importa a massa do objeto, porque ao lançar os objetos simultaneamente do mesmo lugar, ambos cairão no mesmo instante. O objeto com menor massa só cairá depois caso o ar interferir.”. A resposta desta equipe não está completamente errada, o que não se ficou coerente foi concordar com a teoria de Aristóteles e escrever algo contrário ao que ele defendia a respeito da queda dos corpos e a relação entre peso e velocidade.

Citação da equipe 3: “Concordo em partes, pois hoje sabemos que os corpos caem devido força da gravidade, e sem ela as coisas iriam flutuar como é visto em alguns locais do espaço.”. A resposta não aborda diretamente a teoria de Aristóteles, somente aborda a existência ou não de gravidade. Acredita-se que essa equipe não conseguiu compreender de forma satisfatória o que a proposta da questão. A mesma falta de interpretação é perceptível na equipe 5.

Citação da equipe 5: “Sim. Acreditamos que a queda dos corpos tem bastante influência da gravidade. Por exemplo um corpo não poderá subir uma rampa sem um impulso inicial e se colocarmos um corpo em cima de uma rampa ele deverá com mais facilidade sem precisar de um impulso.”.

| Equipes | Questão 10) Descreva uma parte onde o vídeo mostra a influência religiosa no modelo do cosmos? |
|---------|---|
| 1 | Porque todos aqueles que eram ‘contra’ o modelo de Aristóteles eram mortos, pois a igreja defendia o modelo de Aristóteles. Um exemplo foi Galileu, onde ele foi condenado e ficou o resto da vida em prisão domiciliar |
| 2 | Em uma parte do vídeo, é falado que igreja desenvolveu um poder muito grande com o passar do tempo, tanto que as teorias religiosas sobre a origem do mundo reinaram por quase dois milênios. Com isso, as teorias de Aristóteles acabaram não sendo aceitas, isso pois não eram iguais às da igreja. |
| 3 | As teorias de Aristóteles foram aceitas por tanto tempo não só porque eram avançadas de mais para a época, mas também pois com o passar do tempo a igreja constituiu um poder sem precedentes. |
| 4 | Pois a igreja construiu um poder sem precedentes, com isso suas ideias até já foram aceitas por 2 milênios. (Incompleta). |
| 5 | Em branco. |

Quadro 35 - Respostas referentes à questão 10 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Esperava-se que os estudantes percebessem a influência da sociedade no modelo de cosmos proposto por Aristóteles, 60% equipes chegou a esses conceitos. Duas equipes não conseguiram responder corretamente. Fica bem claro em praticamente em todas as respostas que, para resolver as questões propostas, a equipe 5 não voltou a consultar o material que foi disponibilizado

| Equipes | Questão 11) Descreva o experimento da Torre de Pisa. Ele é real? É possível observar que objetos de massas diferentes caem ao mesmo tempo, quando abandonados simultaneamente de uma mesma altura, considerando a influência do ar? |
|---------|--|
| 1 | Dizem que Galileu subiu até a Torre de Pisa, lá ele jogou dois pesos diferentes, e ambos chegaram juntos ao chão. Não, porque só há boatos que isso aconteceu. Não, porque o objeto com menor massa cairá depois do que o com maior massa, devido à interferência do ar. |
| 2 | O experimento da Torre de Pisa foi um experimento supostamente feito por Galileu onde ele, no topo da Torre de Pisa, lançou, dois objetos, um com peso maior que o outro, e nisso os dois objetos chegaram no solo ao mesmo tempo. Hoje em dia se sabe que ele nunca ocorreu, isso pois foi apenas um relato (fictício) feito por um aluno de Galileu. Na realidade, se objetos de massas diferentes fossem soltos da mesma altura ao mesmo tempo, eles poderiam chegar no solo ao mesmo tempo, como também um poderia chegar primeiro que o outro, isso acontece por causa da resistência do ar. Porém, se a influência do ar não estivesse sendo considerada, ou seja, o experimento estivesse sendo feito em um lugar com vácuo, os dois objetos cairiam ao mesmo tempo, isso porque no vácuo não há ar, e conseqüentemente não existe a resistência do ar. |
| 3 | Muitos historiadores afirmam que esse experimento nunca aconteceu. Se consideramos a influência do ar o objeto mais pesado cairá primeiro. |
| 4 | Não, pois o ar sempre está mudando de direção mesmo que muito pouco. |
| 5 | Sim eles caem de acordo com seu peso. |

Quadro 36 - Respostas referentes à questão 11 do trabalho proposto

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Esta questão está direcionada às concepções alternativas dos estudantes sobre a queda dos corpos e sobre a veracidade de alguns fatos que são contados sobre a história das ciências. Com o índice de acertos de 60% observou-se que a maioria dos estudantes respondeu corretamente à questão proposta. As equipes que não acertaram, responderam de forma incompleta e confusa, além de não mencionarem a veracidade ou não do experimento da Torre de Pisa.

| Equipes | Questão 12) Por que muitos estudiosos afirmam que Galileu revolucionou as ciências? |
|---------|--|
| 1 | Porque Galileu foi o pioneiro nos 'métodos científicos'. Galileu não fez que nem os gregos faziam (não faziam experimentos para testarem suas ideias), ele fez seus experimentos suas ideias serem aceitas depois. |
| 2 | Porque ele fez muitas descobertas através de seus estudos e experimentos. Uma das principais foi o desenvolvimento da Lei da Inércia. Além disso, ele desenvolveu um modelo de cosmo bem diferente do de Aristóteles. |
| 3 | Pois suas teorias estão diretamente ligadas à revolução científica do século XVII, suas teorias deram início ao surgimento de uma nova ciência. Suas ideias sobre a queda dos corpos, plano inclinado, movimentos acelerados e trajetórias parabólicas de projéteis, constituem o início da cinemática |
| 4 | Pois ele trouxe teorias aceitas até hoje. |
| 5 | Porque ele mostrou teorias novas que mudaram o ponto de vista de muitos cientistas. |

Quadro 37 - Respostas referentes à questão 12 do trabalho proposto.

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Esperava-se que os estudantes explanassem sobre o conceito do método científico e que Galileu desenvolveu alguns experimentos para defender algumas de suas teorias, e a maioria dos estudantes conseguiu responder satisfatoriamente à questão proposta.

| Equipes | Questão 13) Você acredita que os cientistas, ao criarem suas hipóteses para explicar modelos e fenômenos naturais, são influenciados pela sociedade, crenças e cultura? Escreva um texto defendendo a sua posição. |
|---------|---|
| 1 | Alguns tiveram influência, outros não, dois exemplos são Aristóteles e Galileu. Aristóteles para fazer 'seu' universo, ele teve influência da sociedade grega, porque para os gregos, simetria e beleza eram sinônimos, então Aristóteles 'criou' um universo perfeito. Já Galileu, não teve influência, porque ele foi contra o que a igreja pregava sobre o universo. |
| 2 | Em nossa opinião, a maioria dos cientistas não são influenciados pela sociedade, crenças e cultura quando desenvolvem suas ideias e hipóteses, isso porque, antigamente, geralmente as hipóteses criadas pelos cientistas contrariavam a igreja, que possuía um grande poder, e por conta desta contradição, muitos acabavam sendo presos ou até mortos. Mas mesmo assim, os cientistas não deixavam de estudar e fazer experimentos para provar que suas teorias estavam corretas ou aperfeiçoá-las. |
| 3 | Eu acredito que a sociedade tem sim influência nas hipóteses científicas, porém creio que este potencial vem diminuindo com o decorrer dos anos, pois hoje temos uma sociedade muito mais livre e aberta a novas descobertas. |
| 4 | Provavelmente, pois hoje em dia todas as pessoas são influenciadas por algo que é muito falado por todos, mas se esses cientistas são diferentes dos demais ele vai procurar outra coisa até ele conseguir ou talvez não. |
| 5 | Sim, tudo depende um pouco da posição que o cientista está na sociedade e de seus costumes. |

Quadro 38 - Respostas referentes à questão 13 do trabalho proposto.

Fonte: elaborado pela autora [2020].

Esta questão é uma resposta bastante pessoal das equipes e teve alto índice de acertos e respostas bem elaboradas. Somente uma equipe não conseguiu formular um texto adequado para defender a sua posição quanto à influência da sociedade e as teorias desenvolvidas.

Durante a correção de todas as questões, foi bastante evidente a falta de comprometimento da equipe 5 em responder as questões propostas. Por isso, depois de concluída a atividade, foi sugerido a essa equipe refazer as atividades.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Parte-se da ideia de que as considerações finais não encerram este trabalho, pois acredita-se que, com base nos levantamentos que serão realizados aqui, é possível cada vez mais aprimorar as atividades e desenvolver novas formas para facilitar o aprendizado dos estudantes, tendo o propósito de mostrar a eles uma Física mais humana e acessível.

Procurou-se, neste trabalho, introduzir os conteúdos de cinemática por meio de experimentação e da história dos movimentos, levando em consideração as teorias do Construcionismo de Papert e a contribuição da história das ciências para uma educação científica com melhor qualidade e compreensão.

Partindo de duas vertentes, a robótica educacional e a história das ciências, foram elaboradas e aplicadas duas atividades de ensino. Em um primeiro momento buscou-se aprofundar os conceitos relacionados à robótica educacional e sua contribuição para o melhor desempenho dos estudantes em conteúdos relacionados ao estudo da ciência. Para isso baseou-se a fundamentação na teoria construcionista de Papert, levando em consideração as potencialidades desse tipo de metodologia.

No segundo momento foi abordada a história das ciências, com base nos estudos de autores como Peduzzi [1996], Souza [2008] e Silva [2009]. O levantamento desenvolvido teve por finalidade reaproximar a história da ciência e a disciplina de Física. Outra vertente bastante relevante desta etapa do trabalho foi pesquisar e aprofundar-se em biografias que relatam a história dos movimentos desde Aristóteles e Galileu, trazendo, desse modo, um aporte teórico bastante completo para os professores que queiram desenvolver a prática aqui descrita.

Posteriormente, foi abordado o estudo da cinemática, mais precisamente os conceitos de velocidade, movimentos e análise gráfica. Nesta parte do trabalho foi possível aprofundar-se no conteúdo proposto. O objetivo dessa descrição mais aprofundada sobre a cinemática foi trazer um aporte teórico mais completo aos professores.

No quarto capítulo foi descrita a metodologia utilizada e as etapas para a elaboração da dissertação e do produto educacional, bem como os resultados encontrados nas avaliações feitas com os estudantes. A análise das respostas obtidas nas duas etapas do trabalho tiveram por objetivo responder às seguintes questões: a) Houve evolução conceitual por parte dos estudantes a respeito do MRU?; b) O uso da robótica facilitou a

apropriação do conhecimento a respeito dos conceitos relacionados ao movimento?; c) A utilização de vídeos para explicar a história das ciências foi relevante?; e d) Os estudantes conseguiram a partir do concreto compreender os conceitos sobre os movimentos e sua história? Esses questionamentos buscaram responder, ao final, a problematização central deste trabalho: “Como uma abordagem prática por meio da robótica educacional baseada na história das ciências pode contribuir para o ensino da cinemática?”.

Antes de descrever as considerações extraídas dos resultados obtidos nos trabalhos feitos pelos alunos, é importante descrever algumas dificuldades encontradas na aplicação dessa prática.

Um obstáculo percebido foi o número limitado de aulas. A atividade proposta aqui já traz uma quantidade bastante significativa de aulas, no entanto, acredita-se que seria possível alcançar um resultado mais significativo se houvesse mais tempo para discussões e análises.

Outro ponto que se pôde observar foi o “descompromisso” de alguns alunos com a atividade, o que ocorreu, inclusive, com uma equipe inteira. Isso dificultou bastante a análise dos resultados e também o próprio aprendizado.

Mas o que mais atrapalhou o andamento da atividade foi ter tido que desenvolver 70% do trabalho de forma remota. A única parte realizada presencialmente foi a montagem e a programação do robô, as demais atividades foram remotas. Comparando com outros anos em que essa prática foi aplicada, é possível perceber que desenvolver de forma remota leva mais tempo e não é possível ter um controle sobre pesquisas na internet, ou analisar realmente quais alunos estão desenvolvendo a atividade.

Portanto, considera-se que esses três fatores atrapalharam um pouco a aplicação do trabalho e que seria possível atingir resultados mais satisfatórios se isso pudesse ser contornado.

Baseando-se nos resultados obtidos, descreve-se a seguir as considerações a respeito de alguns questionamentos.

a) Houve evolução conceitual por parte dos estudantes a respeito do MRU?

Conforme as respostas obtidas na primeira atividade, na qual os alunos por meio das observações deveriam perceber o movimento em linha reta e com velocidade constante, pode-se afirmar que eles conseguiram compreender e apropriarem-se do conceito do MRU. Não ficou claro a eles a relação de força e movimento, como foi

perceptível nas respostas encontradas na segunda parte do trabalho, mas a compreensão do conceito do MRU acredita-se que tenha ficado claro para a maioria dos estudantes, logo, o resultado para esta questão foi bem satisfatório.

b) O uso da robótica facilitou a apropriação do conhecimento a respeito dos conceitos relacionados ao movimento?

Sim, foi perceptível que a maioria dos estudantes conseguiu relacionar a atividade prática com os conceitos relacionados ao movimento, principalmente na análise da função horária e gráfica. Dois pontos relevantes foram: 1) a dificuldade em perceber que o robô andava em sentido contrário na terceira pista, acredita-se que isso aconteceu, em partes, por ter sido aplicada a atividade remotamente, pois é comum que, quando aplicada presencialmente, a percepção dos estudantes quanto ao sentido do movimento seja melhor; 2) acredita-se ter sido uma falha na aplicação desta primeira etapa não ter sido destacada a relação entre força e movimento.

c) A utilização de vídeos para explicar a história das ciências foi relevante?

Depois de analisar outras dissertações que trazem como tema central a história dos movimentos, como por exemplo, a dissertação de Alves [2019], que cita a dificuldade que os alunos encontraram para ler textos, onde os próprios alunos destacaram que os textos eram longos e que eles tinham preguiça de ler e dificuldade em compreender o conteúdo, acredita-se que os vídeos foram um caminho diferente e mais acessível aos alunos. No entanto, foi possível perceber que uma das equipes não recorreu novamente aos vídeos para responder as questões propostas, mesmo assim, 80% das equipes utilizou-se de forma satisfatória os recursos disponibilizados a eles. Outro ponto bastante relevante foi que a utilização dos vídeos diminui o tempo necessário para aplicação da prática, já que a leitura de textos exigiria mais tempo.

d) Os estudantes conseguiram a partir do concreto compreender os conceitos sobre os movimentos e sua história?

Alguns pontos na aplicação da prática podem ser revistos e melhorados como por exemplo a relação de força e movimento, observa-se que os estudantes conseguiram associar de forma bem satisfatória os conceitos de movimento partindo da prática desenvolvida e que muitos conseguiram associar o que haviam aprendido com a história dos movimentos, mas é perceptível que algumas concepções alternativas a respeito dos movimentos não mudaram, como por exemplo, a relação de força e peso, ou a relação de força e movimento.

Observou-se que, embora alguns estudantes conseguiram compreender essas relações, a maioria não obteve êxito nesse ponto. Deste modo, acredita-se que os resultados poderiam ter sido melhores no que diz respeito à compreensão de alguns conceitos a serem apropriados pelos estudantes envolvendo a atividade prática e, principalmente, o conceito de inércia.

Por fim, em relação à pergunta norteadora deste trabalho, “Como uma abordagem prática por meio da robótica educacional baseada na história das ciências pode contribuir para o ensino da cinemática?”, o intuito foi levar aos estudantes uma Física mais humanizada, por meio da prática envolvendo a robótica e a história das ciências, mais especificamente a história dos movimentos, e foi bastante perceptível que, muitas vezes, eles têm dificuldades de compreender os conceitos da cinemática, ou mesmo os conceitos relacionados à disciplina de Física, isso porque sentem que o conteúdo é muito difícil, e isso acaba os desmotivando a tentar compreender essa disciplina.

As atividades práticas envolvendo a robótica levam a uma aplicação dos conteúdos estudados, facilitando a compreensão do estudante, que acaba se motivando a aprender cada vez mais sobre os conceitos abordados na disciplina. Tendo aplicado a robótica há alguns anos em aulas, percebe-se que o estudante se sente muito motivado ao desenvolver robôs, observar e tentar buscar compreender os conceitos que ali estão sendo abordados, e quando ele consegue associar a prática com a teoria, é notável que seu desempenho na disciplina melhora consideravelmente.

Outro ponto importantíssimo está relacionado ao estudo da história das ciências, que por muitas vezes não é abordado nas aulas de Física, o que leva o aluno a ter uma compreensão errônea de ciência. Muitas vezes escutamos os alunos dizerem que as teorias desenvolvidas são acabadas, ou mesmo que a ciência é exata. Isso faz com que o estudante

não consiga compreender que a ciência é uma criação humana, que as teorias se modificam e que ela jamais será algo exato ou acabado.

Humanizar a ciência é levar ela para mais perto do estudante, já que muitos deles não participam ou não se interessam pela disciplina, por julgarem ela distante demais da realidade ou da compreensão deles.

Quanto a ter uma resposta conclusiva sobre a questão norteadora, acredito não ser possível, mas penso em como cada vez mais é possível melhorar a prática e conseguir a cada aplicação trazer uma resposta mais conclusiva sobre isso. O trabalho na educação não tem fim, sempre podemos melhorá-lo e, partindo de toda a experiência na aplicação desta proposta, penso que muito ainda pode ser mudado e melhorado em próximos trabalhos a serem desenvolvidos.

Quanto à relevância deste trabalho à minha prática docente, acredito que a robótica e a história da ciência têm contribuído para aperfeiçoar as minhas metodologias e que cada vez mais é minha obrigação buscar desenvolver novos métodos para que, de forma significativa, eu possa contribuir para o conhecimento dos meus estudantes.

Referências

- [Alves 2019] W. R. S. Alves, *Galileu e o experimento da Torre de Pisa no ensino médio*. 2019. 185 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino da Física) - Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2019.
- [Azevedo 2017] M. S. Azevedo, *Robótica educacional dos anos finais do ensino fundamental: um estudo de caso*. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências e Tecnologias na Educação) - Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Pelotas, 2017.
- [Barbosa 2018] F. C. Barbosa *et al.*, Mapeamento de pesquisas sobre a robótica educacional no ensino fundamental, *Texto Livre: Linguagem e Tecnologia*, v. 11, n. 3, 2018.
- [Bastos 2010] B. L. Bastos *et al.*, Scratch, arduino e o construcionismo: ferramentas para a educação. In: STED, SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA EDUCACIONAL DE ARAUCÁRIA: “DESAFIOS E POSSIBILIDADES DA TECNOLOGIA EDUCACIONAL”, I, 2010, Paraná. *Anais [...]*. Paraná: 2010. Disponível em <<http://www.ft.unicamp.br/liag/robotica/downloads/a12.pdf>>. Acesso em 10 de junho de 2020.
- [Bauer 2012] W. Bauer *et al.*, *Física para universitários*. 1. ed. São Paulo: AMGH Ltda., 2012.
- [Brasil 2018] Brasil, Ministério da Educação e do Desporto, Secretaria de Educação Fundamental, *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf>. Acesso em 30 de dezembro de 2019.
- [Brasil 1998a] Brasil, Ministério da Educação e do Desporto, Secretaria de Educação Fundamental, *Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio*. Brasília: MEC/SEF, 1998a. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>>. Acesso em 11 de junho de 2019.
- [Brasil 1998b] Brasil, Ministério da Educação e do Desporto, Secretaria de Educação Fundamental, *Parâmetros Curriculares Nacionais Introdução*. Brasília: MEC/SEF, 1998b. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>>. Acesso em 11 de junho de 2019.
- [Brasil 2002] Brasil, Conselho Nacional de Educação, *Parecer CNE/CP 9/2001: diretrizes curriculares nacionais para a formação de professores da educação básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena*. Diário Oficial da União, Brasília, 18 jan. 2002. Seção 1, p. 31.

- [Camargo Filho 2011], P. S. Camargo Filho *et al.*, Dificuldades semióticas na construção de gráficos cartesianos em cinemática, *Caderno Brasileiro no Ensino da Física*, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 546-563, 2011.
- [Campos 2012] A. Campos e E. C. A. Ricardo, complexidade do movimento local na Física aristotélica, *Revista Brasileira no Ensino da Física*, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 3601-3608, 2012.
- [Campos 2017] F. R. Campos, Robótica educacional no Brasil: questões em aberto, desafios e perspectivas futuras, *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, Araraquara, v. 12, n. 4, p. 2108-2121, out./dez. 2017. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.21723/riaae.v12.n4.out./dez.2017.8788>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2020.
- [Carvalho 1998] D. P. Carvalho, A Nova Lei de Diretrizes e Bases e a formação de professores para a educação básica, *Ciência & Educação*, Bauru, 1998, v. 5, n. 2, p. 81-90.
- [Castilho 2002] M. I. Castilho, *Robótica na educação: com que objetivos?* 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- [Cavalcante 2014] M. A. Cavalcante *et al.* Controle Remoto: observando códigos com o Arduíno, *Caderno Brasileiro de Ensino da Física*, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 614-641, 2014.
- [Cavalcanti 2009] L. M. Cavalcanti, *Apostila de cálculo 1*. 2009. Disponível em <<https://www.passeidireto.com/arquivo/2762224/apostila-completa-prof-leonardo-cavalcanti/24>>. Acesso em 20 de junho de 2020.
- [D'Abreu 1999] J. V. V. D'Abreu, Desenvolvimento de ambientes de aprendizagem baseados no uso de dispositivos robóticos. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO*, 1999, Curitiba. *Anais [...]*. Curitiba, PR: 1999. Disponível em <<http://www.conhecer.org.br/download/cp/NOVAS%20TECNOLOGIAS/M1/leitura%20anexa%204.pdf>>. Acesso em 25 de fevereiro de 2020.
- [Diniz 2014], R. Diniz e M. Santos, A Utilização da Robótica Educacional LEGO® nas aulas de Física do 1º ano do ensino médio e suas contribuições na aprendizagem. *In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN*, 2014, Buenos Aires. *Anais [...]*. Buenos Aires: 2014. Disponível em <www.oei.es/historico/congreso2014/memoriactei/1237.pdf>. Acesso em 15 de fevereiro de 2020.
- [Dworakowski 2018] L. A. Dworakowski *et al.*, Estudo de gráficos da cinemática através do jogo batalha naval e de atividades de robótica, *Caderno Brasileiro do Ensino de Física*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 532-549, 2018.

- [El-Hani 2006] C. El-Hani, Notas sobre o ensino de história e filosofia das ciências na educação científica de nível superior. In. C. C Silva (org.), *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física. 2006.
- [Évora 1988] F. R. R. Évora, *A Revolução Copernicana-Galileana*. Coleção CLE-UNICAMP. Campinas: CLE-UNICAMP, 1988.
- [Ferreira 2005] A. S. Ferreira, *A contribuição da robótica para o desenvolvimento das competências cognitivas superiores no contexto dos projetos de trabalho*. Rio de Janeiro: CECIERJ, 2005.
- [Feynman 2009] R. P. Feynman *et al.*, *Lições de Física*. 1. ed. São Paulo: Bookman, 2009.
- [Garcia 2016] M. C. M. Garcia e M. H. F. B. Soares, Robótica educacional no nível médio de ensino: o conceito do sistema nervoso central, *Experiência no Ensino de Ciências*, São Paulo, v. 13, n. 5, p. 168-188, 2016.
- [Gomes 2016] A. D. T. Gomes, Evolução das representações gráficas de estudantes do Ensino Médio, *Experiência em Ensino de Ciências*, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 31-54, 2016.
- [Gonçalves 2007] P. C. Gonçalves, *Protótipo de um robô móvel de baixo custo para uso educacional*. 2007. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.
- [Halliday 2016] D. Halliday *et al.*, *Fundamentos da Física*. v. 1. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- [Hewitt 2015] P. Hewitt, *Física conceitual*. 12. ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2015.
- [Hulsendeger 2004] M. Hulsendeger, Uma análise das concepções dos alunos sobre a queda dos corpos, *Caderno Brasileiro do Ensino da Física*, São Paulo, v. 21, n. 3: p. 377-391, 2004.
- [Junior 2016] J. T. Junior *et al.*, Avaliação do módulo de aceleração da gravidade com Arduino, *Caderno Brasileiro de Ensino da Física*, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 619-640, 2016.
- [Kaled 2014] J. P. Kaled, *Revolução heliocêntrica: investigação de argumentos pré-revolução com algumas consequências e origens metafísicas*. 2014. 41 f. Dissertação (Licenciatura em Física) - Graduação em Licenciatura em Física, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.
- [Koyré 1982] A. Koyré, *Estudos de história do pensamento científico*. Brasília: Universidade de Brasília, 1982.

[Leithold 1994] L. Leithold, *O cálculo com geometria analítica*. vol. 1. 3. ed. São Paulo: Harba Ltda., 1994.

[Lego 2012] Lego, *Lego Mindstorms Education*. Lego, 2012.

[Legoeducation 2020] Legoeducation, *Guia do Usuário*. 2020. Disponível em <https://le-www-live-.legocdn.com/sc/media/files/userguides/ev3/ev3_user_guide_ptbr239a9c0ea7115a07ad83d3ce7dff6773.pdf>. Acesso em 2 de janeiro de 2020.

[Legoeducation 2020] Legoeducation, *Software Lego Education NXT*. 2020. Disponível em <<https://education.lego.com/en-us/downloads/retiredproducts/nxt/software>>. Acesso em 2 de janeiro de 2020.

[Lima 2012] G. L. Lima, Estudo do MRU através de um livro de Galileu, *Física na Escola*, v. 13, n. 1, 2012.

[Matthews 1995] M. R. Matthews, História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

[Mariconda 2006] P. R. Mariconda e J. Vasconcelos, *Galileu e a nova Física*. São Paulo: Odysseus, 2006.

[Martins 2006] R. A. Martins, Introdução: a história da ciência e seus usos na educação. In: C. C. Silva (org.), *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

[Melo 2011] R. F. Melo, *O Software Modelus e suas contribuições no processo de ensino aprendizagem do movimento retilíneo uniforme e do movimento retilíneo uniformemente variado*. 2011. 108 f. Dissertação (Mestrado Profissional no Ensino da Ciência e da Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba, 2011.

[Monteiro 2013] M. A. A. Monteiro *et al.* Protótipo de uma atividade experimental o estudo da cinemática realizada remotamente, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 191-208, 2013.

[Moreira 2018] M. M. P. C. Moreira *et al.*, Contribuições do Arduíno no Ensino da Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 721-745, 2018.

[Neves 1998] M. C. D. Neves, A história da ciência no ensino de física, *Revista Ciências e Educação*, v. 1, p. 73-81. 1998.

[Neto 2014] C. A. A. Neto, *O uso da robótica educativa e o desenvolvimento de competências e habilidades matemáticas*. 2014. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Universidade Federal do Ceará, Juazeiro do Norte, 2014.

[Nussenzveig 2002] H. M. Nussenzveig, *Física Básica - Mecânica*. vol 1. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

- [Papert 1994] S. Papert, *A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*. 1. ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1994.
- [Patrão 2011] M. Patrão, *Cálculo 1: derivada e integral em uma variável*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011.
- [Peduzzi 1996] L. O. Q. Peduzzi, Física aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 1, p. 48-63, abr. 1996.
- [Peduzzi 2005] S. S. Peduzzi, Concepções alternativas em mecânica. In: PIETROCOLA, M. (org.). *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. 2 ed. Florianópolis: UFSC, 2005. p. 53-75.
- [Peduzzi 2015] L. O. Q. Peduzzi, *Força e movimento de Tales a Galileu*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.
- [Pietrocola 2016] M. Pietrocola, *Física em contextos*. 1. ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.
- [Pontes 2019] L. Pontes, *A história da robótica educacional (RE)*. 2010. Disponível em <<https://lelinopontes.wordpress.com/2010/06/25/historia-da-robotica-educacionalre/>>. Acesso em 18 de junho de 2019.
- [Porto 2009a] C. M. Porto, A física de Aristóteles: uma construção ingênua? *Revista Brasileira no Ensino da Física*, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 4601-4608, 2009.
- [Porto 2009b] C. M. Porto e M. B. D. S. M. Porto Galileu, Descartes e a elaboração do princípio da inércia, *Revista Brasileira no Ensino da Física*, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 4601-4610, 2009.
- [Prestes 2009], M. E. B. Prestes e A. M. A. Caldeira, A importância da história da ciência na educação científica, *Filosofia e História da Biologia*, v. 4, p. 1-16, 2009.
- [Rabelo 2015] A. P. S. Rabelo, *Robótica educacional no ensino de física*. 2015. 65 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2015.
- [Ragazzi 2013] V. Ragazzi, *Robótica na Escola: é pra já!* 2013. Disponível em <<https://microsoft.com/brasil/educacao/parceiro/robotica.mspix>>. Acesso em 12 de junho de 2013.
- [Rocha 2006] R. Rocha, *Utilização da robótica pedagógica no processo de ensino aprendizagem de programação de computadores*. 2006. 116 f. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) - Curso de Mestrado em Educação Tecnológica, Centro Federal e Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- [Santos 2018] J. P. S. Santos *et al.*, Visões da Ciência e Tecnologia entre Licenciandos em Física quando utilizam a Robótica Educacional: um estudo de caso, *Investigação em Ensino de Ciências*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 32-55, 2018.

[Schuhmacher 2017] V. R. N. Schuhmacher *et al.*, As barreiras da prática docente no uso das tecnologias de informação e comunicação, *Ciência & Educação*, Bauru, v. 23, n. 3, p. 563-576, 2017.

[Silva 2009] A. F. Silva, *Robeduc: uma Metodologia de Aprendizado com Robótica Educacional*. 2009. 127 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia da Computação) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

[Segre 1989] M. Segre, *Galileo, Viviani and Tower of Pisa*. Studies in History and Philosophy of Science, v. 20, n. 4, p. 435-454, 1989.

[Silva 2017] F. D. P. Silva, *Galileu Galilei e a queda dos corpos*. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2017.

[Simmons 1987] G. F. Simmons, *Cálculo com geometria analítica*. vol. 1. 1. ed. São Paulo: Makron Boohe do Brasil, 1987.

[Soares 2010] R. R. Soares e P. F. Borges, O plano inclinado de Galileu: uma medida manual e uma medida com aquisição automática de dados, *Revista Brasileira no Ensino da Física*, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 2501-2511, 2010.

[Souza 2008] J. A. S. Souza, *Uma abordagem histórica para o ensino do princípio da inércia*. 2008. 176 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências Naturais e Matemática) - Programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências Naturais e Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

[Souza 2019] Z. A. Souza e C. R. Bellochio, A Teoria Fundamentada na pesquisa qualitativa em educação musical: delimitações conceituais, construções e potenciais, *Opus*, v. 25, n. 2, p. 1-16, maio/ago. 2019.

[Tipler 2002] P. A Tipler e G . Mosca, *Física para cientistas e engenheiros*. vol. 1. 6. ed. São Paulo: LCT. 2002.

[Torcato 2012] P. Torcato, O Robô ajuda? Estudo do Impacto do uso de Robótica Educativa como Estratégia de Aprendizagem na disciplina de aplicações informáticas B. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TIC E EDUCAÇÃO*, 2. 2012, Lisboa. *Anais* [...]. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, 2012.

APÊNDICE

Apêndice A – Produto Educacional

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

A CINEMÁTICA EM UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA POR MEIO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL

Keli Cristina Luchese

Orientador: Prof. Dr. Felipe Damásio

Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina

Campus Araranguá

Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF)

APRESENTAÇÃO

Caro(a) professor(a):

Este produto educacional, intitulado *A Cinemática em uma abordagem histórico-filosófica por meio da robótica educacional*, foi desenvolvido para a conclusão do curso de Mestrado Profissional Nacional do Ensino em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Este guia de apoio tem por objetivo propor uma atividade de ensino baseada na teoria de aprendizagem de Papert, cujas ideias sobre a forma como aprendemos se baseiam no Construcionismo. Para ele, a aprendizagem efetiva acontece quando o estudante tem a oportunidade de vivenciar na prática os conteúdos, ou seja, partir do concreto para o abstrato. A teoria de aprendizagem de Papert foi escolhida em razão de ele ter sido pioneiro no desenvolvimento de estratégias de aprendizagem utilizando a robótica para fins educacionais.

Baseando-se nesse contexto, da utilização da robótica para fins educacionais, o conteúdo aqui exposto propõe o estudo histórico dos movimentos e a análise do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), por meio de uma abordagem metodológica experimental utilizando o kit LEGO *Mindstorms* NXT.

Espero que este material possa lhe oferecer a oportunidade de trabalhar com a Robótica Educacional e a história da ciência, e que a aplicação desta proposta possa trazer resultados positivos à aprendizagem de seus estudantes.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 25 - Vídeo tutorial introdutório | 120 |
| Figura 26 - Vídeo tutorial 2 | 121 |
| Figura 27 - Vídeo tutorial 2 | 121 |
| Figura 28 - Bloco de programação do kit LEGO NXT | 121 |
| Figura 29 - Maleta do kit LEGO NXT | 122 |
| Figura 30 - Vídeo tutorial 3 | 122 |
| Figura 31 - Vídeo tutorial 4 | 123 |
| Figura 32 - Vídeo tutorial 5 | 123 |
| Figura 33 - Paleta de comando dos blocos de ação | 124 |
| Figura 34 - Comando de interação entre o bloco inteligente e o software | 125 |
| Figura 35 - Vídeo tutorial 6 | 125 |
| Figura 36 - Posição do robô para a primeira atividade..... | 126 |
| Figura 37 - Vídeo tutorial 6.1 | 126 |
| Figura 38 - Posição do robô na pista 2 | 126 |
| Figura 39 - Vídeo tutorial 6.2 | 127 |
| Figura 40 - Posição do robô na pista 3 | 127 |
| Figura 41 - Vídeo tutorial 6.3 | 127 |
| Figura 42 - Posição dos robôs na pista 4 | 128 |
| Figura 43 - Vídeo tutorial 6.3 | 128 |
| Figura 44 - Posição dos robôs na pista 5 | 128 |
| Figura 45 - Vídeo tutorial 7 | 129 |
| Figura 46 - Vídeo tutorial 8 | 129 |
| Figura 47 - Gráfico de posição e tempo do MRU | 130 |
| Figura 48 - Gráfico de velocidade e tempo do MRU | 130 |
| Figura 49 - Vídeo 1 - Poeira das estrelas - parte 2 | 132 |
| Figura 50 - Vídeo 2 - As teorias de Aristóteles | 132 |
| Figura 51 - Vídeo 3 - As teorias de Galileu..... | 133 |
| Figura 52 - Vídeo 4 - Experimento de queda dos corpos | 133 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 39 - Paleta de comando do Software NXT | 124 |
|---|-----|

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|------------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 117 |
| 2 | APRESENTAÇÃO DOS VÍDEO-TUTORIAIS..... | 120 |
| 2.1 | VÍDEO TUTORIAL - INTRODUÇÃO..... | 120 |
| 2.2 | VÍDEO TUTORIAL 1 - APRESENTAÇÃO DO KIT EDUCACIONAL | 120 |
| 2.3 | VÍDEO TUTORIAL 2 - KIT LÚDICO UTILIZADO NO DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO..... | 121 |
| 2.4 | VÍDEO TUTORIAL 3 - BLOCO DE PROGRAMAÇÃO INTELIGENTE .. | 122 |
| 2.5 | VÍDEO TUTORIAL 4 - SOFTWARE DE PROGRAMAÇÃO LEGO MINDSTORMS NXT E MONTAGEM DO ROBÔ | 122 |
| 2.6 | VÍDEO TUTORIAL 5 - SOFTWARE DE PROGRAMAÇÃO LEGO MINDSTORMS NXT | 123 |
| 2.7 | VÍDEO TUTORIAL 6 – DESENVOLVIMENTO DA PRÁTICA ENVOLVENDO OS ROBÔS..... | 125 |
| 2.8 | VÍDEO TUTORIAL 7 – ABORDAGEM DA ATIVIDADE PROPOSTA AOS ESTUDANTES | 129 |
| 2.9 | VÍDEO TUTORIAL 8 – PLANILHA ELETRÔNICA EXCEL..... | 129 |
| 2.10 | CONCLUSÃO DA ATIVIDADE DE ROBÓTICA EDUCACIONAL | 131 |
| 2.11 | APRESENTAÇÃO DOS VÍDEOS TUTORIAIS SOBRE A HISTÓRIA DOS MOVIMENTOS..... | 131 |
| 2.12 | VÍDEO 1 – POEIRA DAS ESTRELAS - PARTE 2 | 131 |
| 2.13 | VÍDEO 2 – TEORIAS ARISTOTÉLICAS..... | 132 |
| 2.14 | VÍDEO 3 – TEORIAS GALILEANAS | 132 |
| 2.15 | VÍDEO 4 – EXPERIMENTO DE QUEDA DOS CORPOS COM RESISTÊNCIA DO AR E NO VÁCUO..... | 133 |
| 2.16 | CONCLUSÃO DA ATIVIDADE SOBRE A HISTÓRIA DOS MOVIMENTOS..... | 133 |
| 3 | PROPOSTA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA | 134 |
| 3.1 | PLANO DE AULA 1 | 134 |
| 3.2 | PLANO DE AULA 2 | 135 |
| 4 | CONCLUSÃO | 137 |
| | REFERÊNCIAS | 138 |
| | APÊNDICE A - PLANO DE AULA 1 | 139 |
| | APÊNDICE B - PLANO DE AULA 2 | 147 |

1 INTRODUÇÃO

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1998), é responsabilidade das escolas a ampliação da visão de conteúdo, o ir além dos conceitos. Inserir procedimentos, atitudes e valores é tão relevante e de tanta importância quanto os conceitos que já são abordados, ou seja, diversificar as metodologias de aprendizagem é extremamente importante, pois por meio delas é possível melhorar a aprendizagem e o conhecimento.

O desenvolvimento deste projeto tem por objetivo explicar metodologias ativas de aprendizagem para introduzir o conteúdo de Cinemática a partir da história dos movimentos, desde as teorias aristotélicas até as galileanas, chegando ao MRU.

O trabalho se divide em dois momentos: o primeiro propõe uma atividade experimental por meio da robótica educacional e o segundo explana a história das ciências a partir dos conceitos de movimento, utilizando os elementos de robótica como contextualização.

Robótica educacional - o campo da robótica educacional há tempos vem sendo estudado e aplicado como ferramenta de aprendizagem, e atualmente seu uso vem se ampliando nas escolas e universidades. Por meio de sua prática, é possível desenvolver aulas mais dinâmicas, com propostas centradas no protagonismo do estudante, transformando o professor em mediador e não em detentor do saber.

Para que o estudante seja protagonista de sua aprendizagem, as práticas pedagógicas devem oportunizar a ele o desenvolvimento de novas habilidades. Na robótica é possível desenvolver atividades em grupo, onde a própria equipe monta, programa, analisa falhas, toma decisões, conclui hipóteses, discute, desenvolve as atividades propostas, observa e, principalmente, entende a aplicação prática do conteúdo, tornando o aprendizado mais efetivo.

Esta proposta metodológica está fundamentada na teoria de aprendizagem de Papert, pioneiro no uso da robótica para fins educativos. Embasado na teoria Construtivista de Piaget, que afirmava que em uma aula expositiva dialogada os conceitos explanados pelo professor são compreendidos de formas diferentes pelos estudantes individualmente, visto que cada indivíduo cria a sua interpretação de mundo, conforme o que já conhece e vive. Buscando uma aprendizagem mais igualitária, Papert propôs o uso de robôs na educação, surgindo assim a robótica educacional.

Nesse novo contexto, as aulas deixam de ser expositivas e passam a ser mais vivenciais. Ao contrário de Piaget, Papert defendia que a aprendizagem é mais efetiva quando o estudante tem a oportunidade de vivenciar no concreto aquilo que está em seu pensamento.

Quando Papert propôs essa nova prática educacional, ele utilizou como ferramenta os robôs (chamados por ele de “tartarugas”). Atualmente essa metodologia pode ser desenvolvida por meio de materiais específicos ou alternativos, que vão desde materiais com baixo custo financeiro até altos investimentos.

O material selecionado para este trabalho foi o kit LEGO *Mindstorms* NXT. Mesmo sendo um material de alto custo financeiro, a escolha por esse conjunto foi realizada devido ao fato de que muitas escolas da rede pública já possuem o material, mas não os utilizam.

O presente trabalho propõe orientar professores na realização de uma prática experimental, utilizando kit LEGO *Mindstorms* NXT. Para facilitar o uso desse material em sala, este guia foi desenvolvido por meio de vídeos que descrevem o passo a passo da montagem, do funcionamento do bloco NXT, do Software de Programação, da utilização da planilha eletrônica Excel, da história dos movimentos e dos planos de ensino propostos nesse produto.

História dos movimentos - a inserção da história das ciências na abordagem dos conceitos estudados em sala de aula é bastante limitada nas escolas brasileiras. Alguns fatores contribuem para esse cenário: falta de capacitação dos professores, referencial bibliográfico escasso e formação nos cursos de licenciatura que não contemplam a história das ciências.

Partindo do pressuposto de que a educação deve possibilitar a formação de estudantes com pensamento crítico, é importante inserir práticas pedagógicas voltadas à história das ciências, que podem contribuir para a superação de uma física baseada somente em equações, o que leva a desmotivação dos estudantes, que percebem a disciplina como algo difícil e inalcançável, fazendo com que eles percam o interesse pelo estudo da física.

Visando humanizar o conteúdo de cinemática, esta prática pedagógica envolve os conceitos de movimento criado por Aristóteles até Galileu.

Ao refletir sobre a proposta a ser abordada neste material, para a conclusão do curso de mestrado, optou-se por trabalhar com a robótica educacional e a história das ciências. O motivo desta escolha foi buscar desenvolver uma prática onde a disciplina de

Física seja mais humanizada e possa proporcionar aos estudantes a possibilidade de aprender por meio da história, de observações e da análise de dados.

2 APRESENTAÇÃO DOS VÍDEO-TUTORIAIS

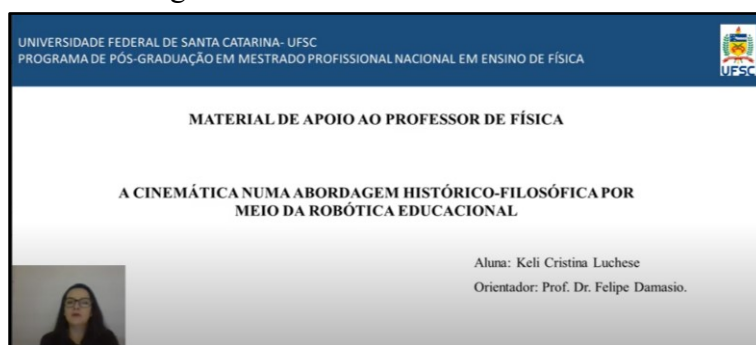
Com o objetivo de facilitar a aplicação deste produto educacional, o passo a passo desta proposta metodológica foi organizado em tutoriais na forma de vídeos, divididos em duas partes: a) robótica educacional e b) história das ciências.

Ao todo são 15 vídeos explicativos sobre a robótica educacional e 4 vídeos sobre a história dos movimentos. Sendo que estes materiais estão disponíveis no site: <https://sites.google.com/view/cinematicaroboticaeducacional/inicio>.

2.1 VÍDEO TUTORIAL - INTRODUÇÃO

Este vídeo apresenta a introdução sobre este trabalho, além de um resumo das etapas para a utilização dos kits (Figura 1).

Figura 25 - Vídeo tutorial introdutório



Fonte: elaborada pela autora (2020).

2.2 VÍDEO TUTORIAL 1 - APRESENTAÇÃO DO KIT EDUCACIONAL

Este vídeo apresenta um breve histórico sobre o surgimento dos kits LEGO *Mindstorms* e suas características, além de explicar sobre os modelos dos kits desenvolvidos pela empresa Lego *Education* em parceria com o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). Portanto, nesse primeiro tutorial em vídeo você encontrará uma breve explanação sobre os seguintes kits: LEGO *Mindstorms* RCX, LEGO *Mindstorms* NXT e LEGO *Mindstorms* EV3 (Figura 2).

Figura 25 - Vídeo tutorial 2

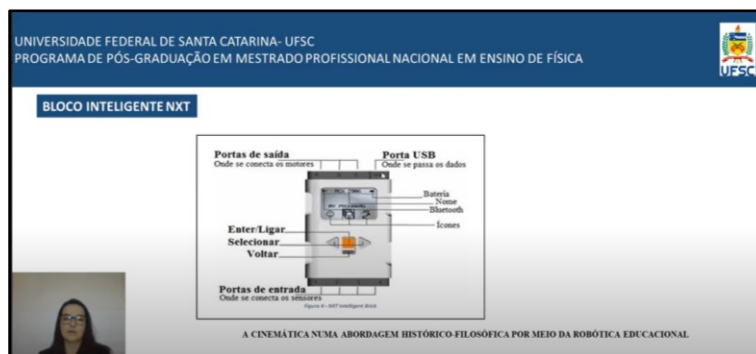


Fonte: elaborada pela autora (2020).

2.3 VÍDEO TUTORIAL 2 - KIT LÚDICO UTILIZADO NO DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

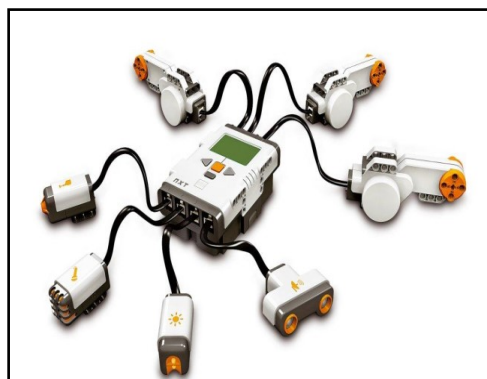
Neste vídeo você encontrará uma explanação mais aprofundada do kit escolhido para o desenvolvimento da prática o LEGO *Mindstorms* NXT, a composição das peças desse kit, o bloco de programação inteligente e o funcionamento dos motores e sensores (Figuras 3, 4 e 5).

Figura 26 - Vídeo tutorial 2



Fonte: elaborada pela autora (2020).

Figura 27 - Bloco de programação do kit LEGO NXT



Fonte: Azevedo (2017).

Figura 28 - Maleta do kit LEGO NXT



Fonte: Azevedo (2017).

2.4 VÍDEO TUTORIAL 3 - BLOCO DE PROGRAMAÇÃO INTELIGENTE

Este vídeo aborda o bloco de programação inteligente, sua alimentação, seus botões, os comandos e a conexão com sensores e motores por meio dos cabos, além de suas pastas e seu funcionamento (Figura 6).

Figura 29 - Vídeo tutorial 3



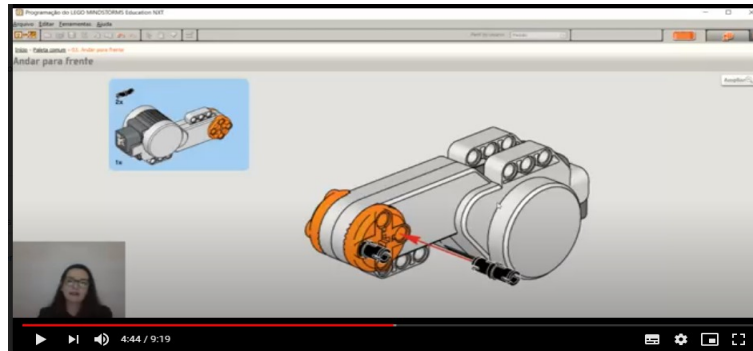
Fonte: elaborada pela autora (2020).

2.5 VÍDEO TUTORIAL 4 - SOFTWARE DE PROGRAMAÇÃO LEGO MINDSTORMS NXT E MONTAGEM DO ROBÔ

Para iniciar a prática proposta, a primeira atividade a ser desenvolvida é a montagem do robô, portanto, este vídeo (Figura 7) tratará acerca da montagem e como encontra-la no próprio *software* de programação do LEGO *Mindstorms* NXT.

Para o desenvolvimento desta etapa, é necessário fazer *download* do *software* de programação LEGO *Mindstorms* NXT, que está disponível no site oficial da *Legó Education*, no seguinte endereço eletrônico: <https://education.lego.com/en-us/downloads/retiredproducts/nxt/software>.

Figura 30 - Vídeo tutorial 4

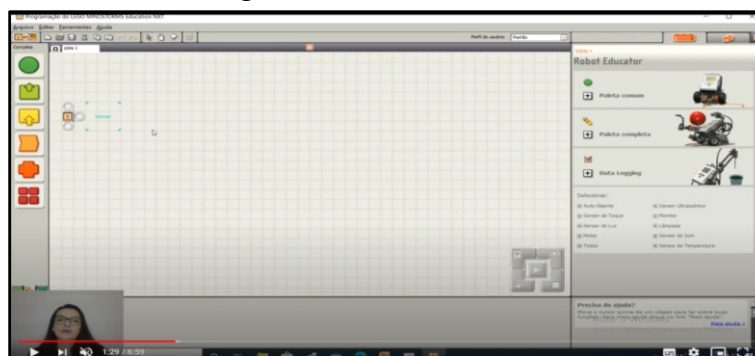


Fonte: elaborada pela autora (2020).

2.6 VÍDEO TUTORIAL 5 - SOFTWARE DE PROGRAMAÇÃO LEGO MINDSTORMS NXT

Este vídeo (Figura 8) apresenta a programação que será utilizada para o desenvolvimento da prática e está dividido em três partes.







Figura 31 - Vídeo tutorial 5



Fonte: elaborada pela autora (2020).

- a) Parte 1 – apresentação das paletas de comando encontradas no programa (Quadro 1).

Quadro 39 - Paleta de comando do Software NXT

| ÍCONE | FUNÇÃO |
|---|--|
|  | Common ou bloco comum - esse ícone permite realizar as seguintes ações: movimento dos motores, imagens no display, emissão de sons, espera e loop. |
|  | Action ou bloco de ação - esse ícone permite realizar as mesmas funções do ícone anterior: manda mensagens e liga as lâmpadas de led e do sensor de luminosidade. |
|  | Sensor ou bloco de sensor - este ícone permite controlar as ações todos os sensores que podem ser acoplados ao NXT. |
|  | Flow ou bloco de fluxo - esse ícone permite fazer a leitura ambiente com sensores, fazendo o robô agir conforme as condições estabelecidas pelo programador. |
|  | Data ou bloco de dados - este ícone matemático é utilizado para fazer cálculos e comparar valores obtidos por sensores e motores. |
|  | Advanced ou bloco avançado - esse ícone é utilizado para programações mais complexas como inserir textos, calibrar sensores, converter dados, entre outros. |

Fonte: Software LEGO Mindstorms NXT (2019).

- b) Parte 2 – informações sobre o programa que deve ser desenvolvido na atividade proposta neste produto educacional (Figura 9).

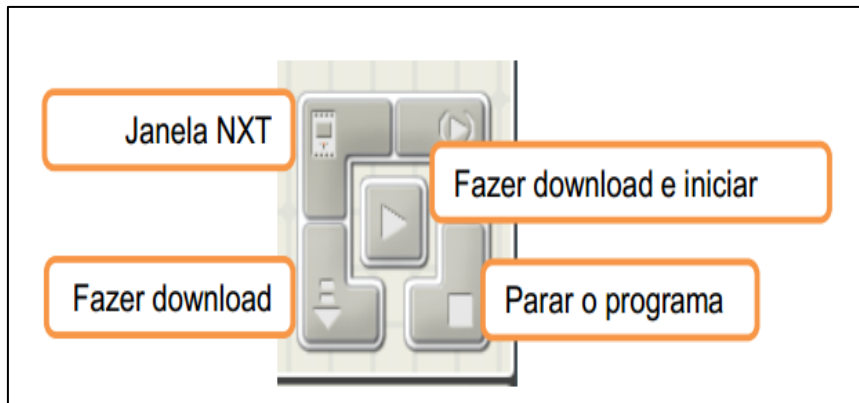
Figura 32 - Paleta de comando dos blocos de ação



Fonte: Software LEGO Mindstorms NXT (2019).

- c) Parte 3 – interação entre o bloco de programação e o *software* de programação (Figura 10).

Figura 33 - Comando de interação entre o bloco inteligente e o software



Fonte: Software LEGO Mindstorms NXT (2019).

2.7 VÍDEO TUTORIAL 6 – DESENVOLVIMENTO DA PRÁTICA ENVOLVENDO OS ROBÔS

Este vídeo está dividido em 5 partes e nele você encontrará a proposta para o desenvolvimento da prática. Cada vídeo representa o que os estudantes devem realizar, onde eles devem posicionar o robô e como devem cronometrar o tempo que os robôs levam para passar em cada posição.

- a) Vídeo 1 - movimento do robô na pista 1 (Figura 11)

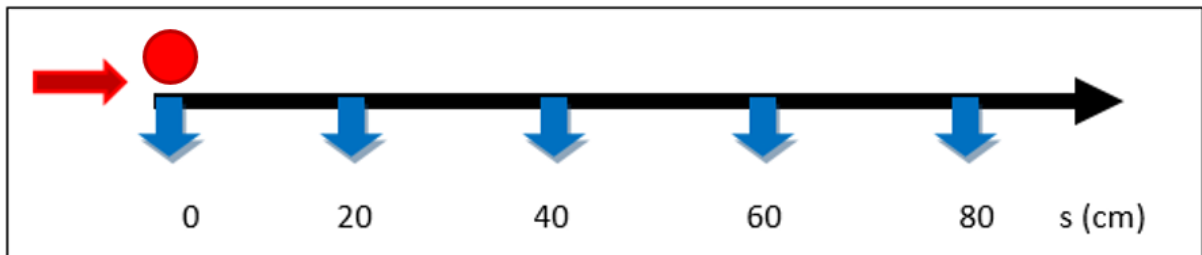
Figura 34 - Vídeo tutorial 6



Fonte: elaborada pela autora (2020).

b) Ilustração da pista e posição a do robô para a primeira atividade (Figura 12).

Figura 35 - Posição do robô para a primeira atividade



Fonte: elaborada pela autora (2020).

c) Vídeo 2- movimento do robô na pista 2 (Figura 13).

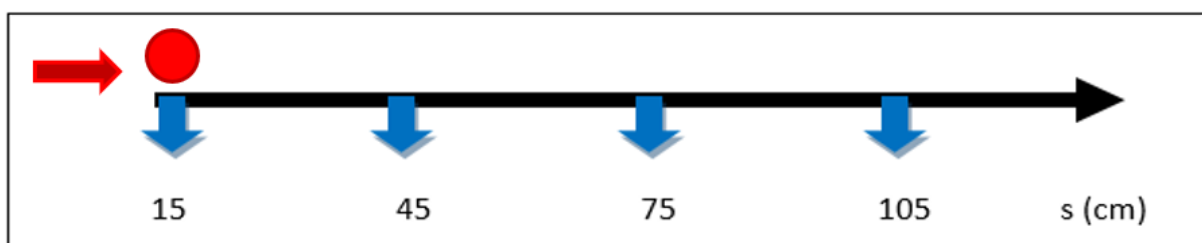
Figura 36 - Vídeo tutorial 6.1



Fonte: elaborada pela autora (2020).

d) Ilustração da pista e posição a do robô para a segunda atividade (Figura 14).

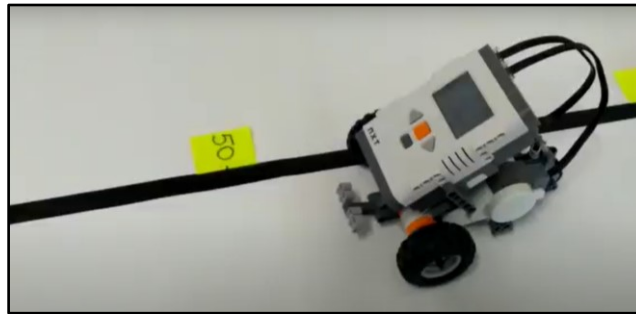
Figura 37 - Posição do robô na pista 2



Fonte: elaborada pela autora (2020).

e) Vídeo 3 - movimento do robô na pista 3 (Figura 15).

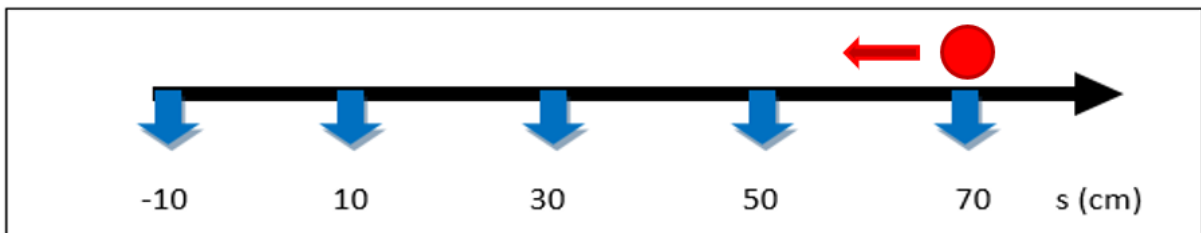
Figura 38 - Vídeo tutorial 6.2



Fonte: elaborada pela autora (2020).

f) Ilustração da pista e posição a do robô para a terceira atividade (Figura 16).

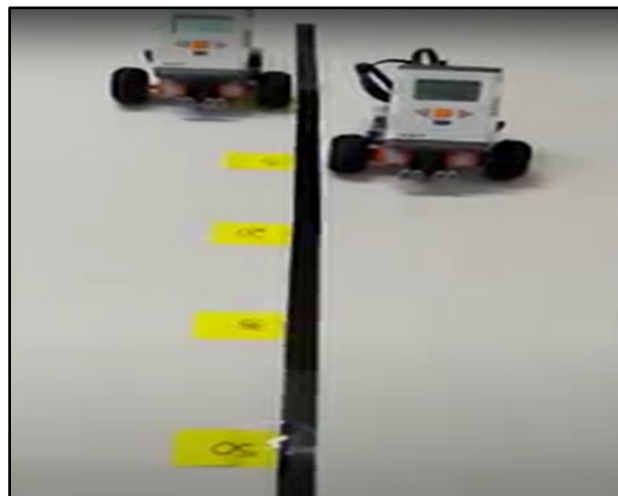
Figura 39 - Posição do robô na pista 3



Fonte: elaborada pela autora (2020).

g) Vídeo 4- ultrapassagem de robôs (Figura 17).

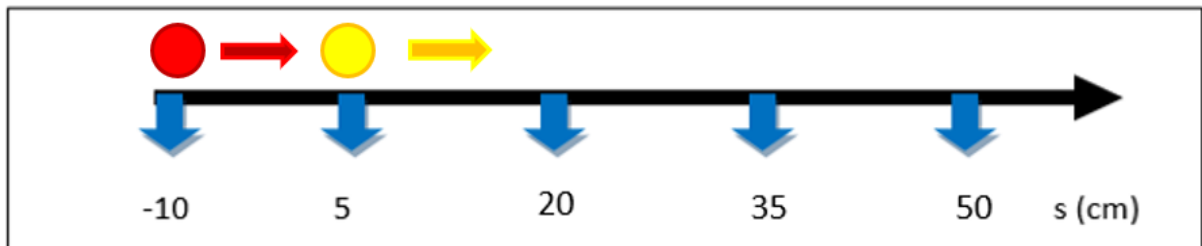
Figura 40 - Vídeo tutorial 6.3



Fonte: elaborada pela autora (2020).

h) Ilustração da pista e posição a do robô para a quarta atividade (Figura 18).

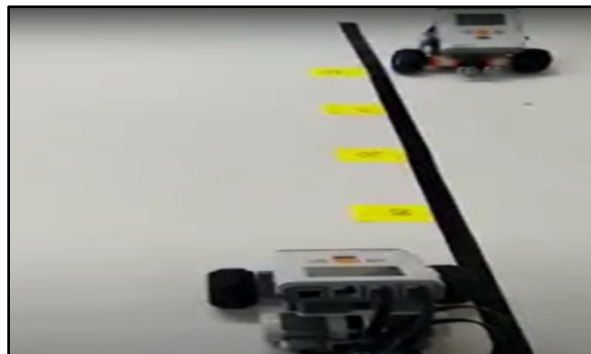
Figura 41 - Posição dos robôs na pista 4



Fonte: elaborada pela autora (2020).

i) Vídeo 5 - encontro de robôs (Figura 19).

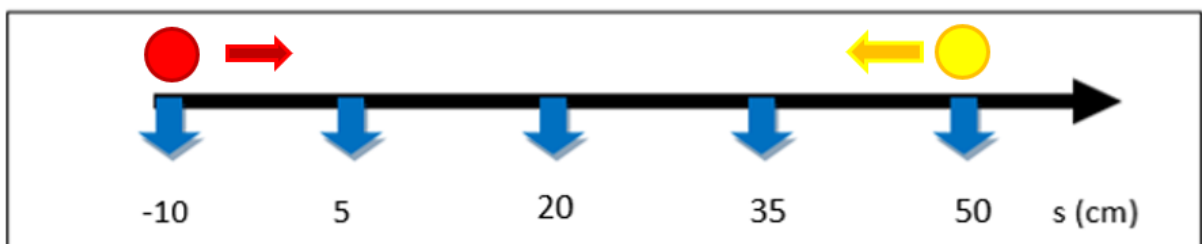
Figura 42 - Vídeo tutorial 6.3



Fonte: elaborada pela autora (2020).

j) Ilustração da pista e posição a do robô para a quinta atividade (Figura 20).

Figura 43 - Posição dos robôs na pista 5

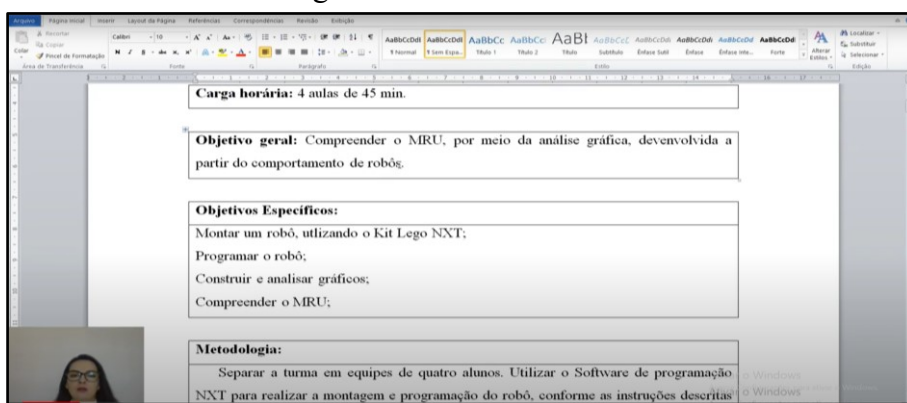


Fonte: elaborada pela autora (2020).

2.8 VÍDEO TUTORIAL 7 – ABORDAGEM DA ATIVIDADE PROPOSTA AOS ESTUDANTES

Este vídeo (Figura 21) aborda a atividade a ser realizada pelos alunos a partir dos dados coletados na atividade anterior. Ele traz um passo a passo de como devem ser preenchidas as tabelas com os dados observados na atividade prática e também explica sobre como induzir os alunos a chegarem aos conceitos de velocidade, MRU e função horária, por meio das observações e dos dados coletados na atividade prática.

Figura 44 - Vídeo tutorial 7

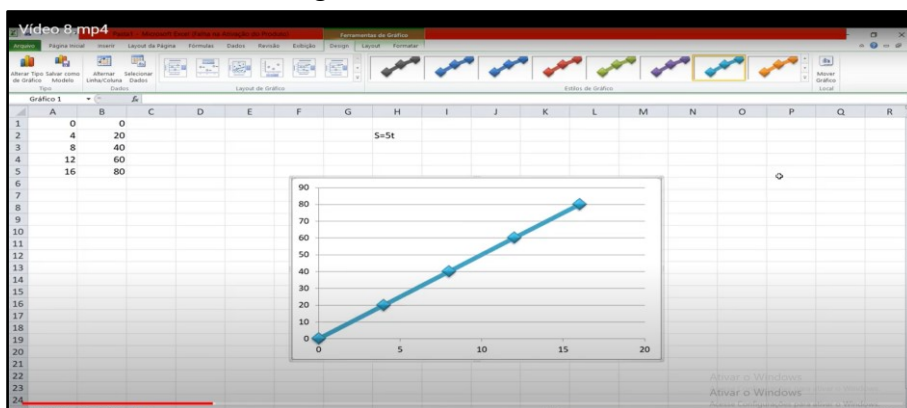


Fonte: elaborada pela autora (2020).

2.9 VÍDEO TUTORIAL 8 – PLANILHA ELETRÔNICA EXCEL

Este vídeo (Figura 22) explica como utilizar a planilha eletrônica Excel para construir os gráficos de posição x tempo e velocidade x tempo do MRU, a partir dos dados coletados na atividade experimental.

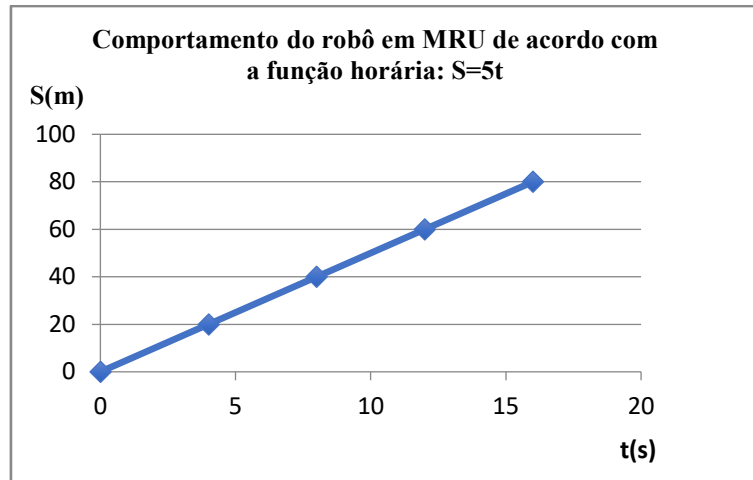
Figura 45 - Vídeo tutorial 8



Fonte: elaborada pela autora (2020).

a) Ilustração do gráfico posição e tempo do MRU (Figura 23).

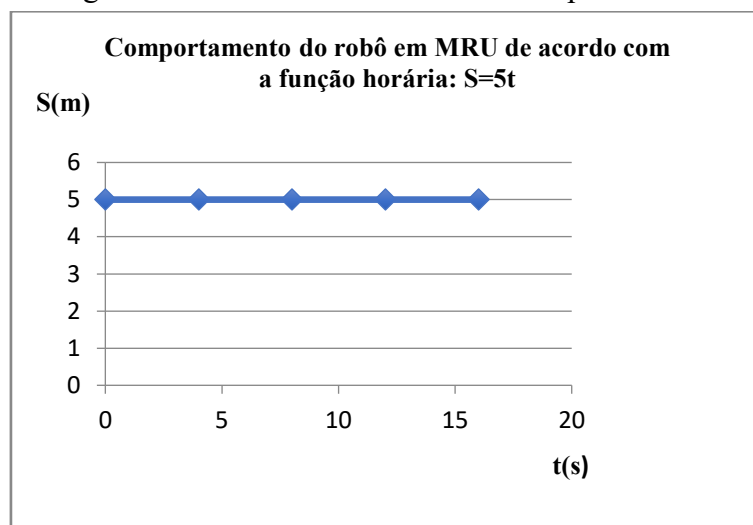
Figura 46 - Gráfico de posição e tempo do MRU



Fonte: elaborada pela autora (2020).

a) Ilustração do gráfico posição e tempo do MRU (Figura 24).

Figura 47 - Gráfico de velocidade e tempo do MRU



Fonte: elaborada pela autora (2020).

Após a conclusão desta etapa, os estudantes devem responder as questões propostas no material, com base na análise dos gráficos construídos.

2.10 CONCLUSÃO DA ATIVIDADE DE ROBÓTICA EDUCACIONAL

Ao concluir o primeiro plano de ensino, que tem por base o uso da robótica educacional, os estudantes deverão passar para o segundo plano de ensino, que tem por objetivo tratar do estudo dos movimentos, partindo dos conceitos já adquiridos pelos estudantes na atividade anterior. Para tanto, é interessante questionar os alunos sobre como surgiram os conceitos que eles estudaram até aquele momento.

Partindo disso, os estudantes deverão assistir alguns vídeos que mostrarão a história dos movimentos, para que eles possam discutir, analisar e responder as questões propostas no segundo plano de ensino.

2.11 APRESENTAÇÃO DOS VÍDEOS TUTORIAIS SOBRE A HISTÓRIA DOS MOVIMENTOS

Nesta etapa os alunos deverão assistir 4 vídeos que abordarão a história dos movimentos, o experimento de queda dos corpos no vácuo e a lenda do experimento da Torre de Pisa.

Após assistirem os vídeos, os estudantes devem discutir em seus grupos as questões que são propostas neste plano de ensino. Neste ponto é interessante ressaltar aos estudantes os conceitos estudados, como a sociedade influenciou os cientistas da área e também como os conhecimentos deles influenciaram a sociedade.

2.12 VÍDEO 1 – POEIRA DAS ESTRELAS - PARTE 2

Este vídeo (Figura 25) faz parte de uma série de vídeos apresentados pelo físico Marcelo Gleiser, onde ele descreve a origem do universo e as teorias que levaram à conclusão dessa origem.

Em específico, neste vídeo ele descreve o experimento da Torre de Pisa como algo que realmente aconteceu e também aborda algumas das teorias desenvolvidas por Aristóteles e Galileu.

Esta atividade fará com que os alunos questionem a veracidade dos fatos contados na ciência e compreendam a construção dos conceitos das ciências.

Figura 48 - Vídeo 1 - Poeira das estrelas - parte 2

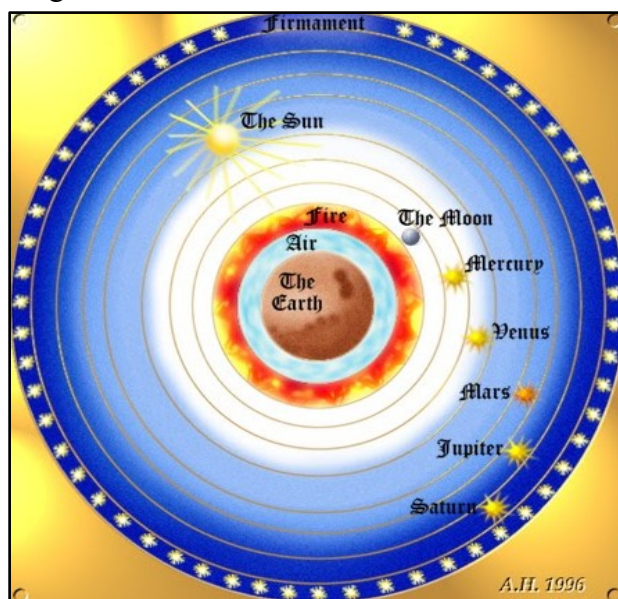


Fonte: Gleiser (2006).

2.13 VÍDEO 2 – TEORIAS ARISTOTÉLICAS

Este vídeo descreve algumas teorias defendidas por Aristóteles, entre elas o geocentrismo, o movimento natural e violento dos corpos, a inexistência do vácuo e a queda dos corpos.

Figura 49 - Vídeo 2 - As teorias de Aristóteles

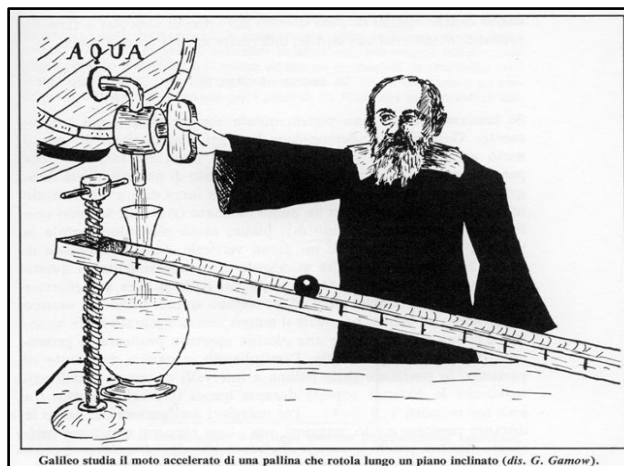


Fonte: disponível em: http://bertolo.pro.br/fisica_cosmologia/Cosmologia/Cosmology/History.htm.
Acesso em: 20 ago. 2020.

2.14 VÍDEO 3 – TEORIAS GALILEANAS

Este vídeo explana as teorias desenvolvidas por Galileu sobre o movimento de queda dos corpos, experimentos em planos inclinados e a Lei da Inércia.

Figura 50 - Vídeo 3 - As teorias de Galileu



Fonte: disponível em: <https://vicmat.com/galileo-la-medida-la-aceleracion-gravitatoria-g/>. Acesso em: 20 ago. 2020.

2.15 VÍDEO 4 – EXPERIMENTO DE QUEDA DOS CORPOS COM RESISTÊNCIA DO AR E NO VÁCUO

Este vídeo (Figura 28) mostra o experimento da queda de uma bola de boliche e penas lançadas no mesmo instante, com e sem a resistência do ar.

Figura 51 - Vídeo 4 - Experimento de queda dos corpos



Fonte: BBC TWO (2019).

2.16 CONCLUSÃO DA ATIVIDADE SOBRE A HISTÓRIA DOS MOVIMENTOS

A partir dos conteúdos vistos no vídeo, os estudantes deverão responder os questionamentos apresentados no segundo plano de ensino. O objetivo disso é mostrar aos estudantes a construção dos conceitos de movimento de Aristóteles e Galileu, chegando até o conceito de inércia.

3 PROPOSTA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A proposta de aplicação deste produto educacional apresenta dois planos de aula. O primeiro plano se refere ao estudo do MRU, a partir da análise de gráficos e com o auxílio da robótica educacional; e o segundo plano faz referência à história das teorias aristotélicas e galileanas sobre os movimentos.

Este material deve ser impresso e entregue aos estudantes. Os planos de aula 1 e 2 são bem instrutivos e propõem que os alunos desenvolvam a atividade com a menor interferência possível do professor, visto que a proposta é o estudante construir a sua própria aprendizagem.

3.1 PLANO DE AULA 1

| |
|---|
| Disciplina: Física |
| Professor: |
| Conteúdo: Movimento Retilíneo Uniforme |

| |
|--|
| Carga horária: 4 aulas de 45 min. |
|--|

| |
|---|
| Objetivo geral: Compreender o MRU por meio da análise gráfica desenvolvida a partir do comportamento de robôs. |
|---|

| |
|---|
| Objetivos específicos: |
| a) Montar um robô, utilizando o Kit Lego NXT; b) Programar o robô; c) Construir e analisar gráficos; d) Compreender o MRU. |

Metodologia:

Separar a turma em equipes de quatro alunos. Utilizar o Software de programação NXT para realizar a montagem e programação do robô, conforme as instruções descritas ao professor. Após a conclusão da montagem, os estudantes devem completar as tabelas com os tempos cronometrados e, a partir desses dados, calcular a velocidade do robô, determinar a função horária e construir os gráficos.

É importante que o professor construa junto com os estudantes o conceito de velocidade, instigando-os a descobrir a velocidade do robô. A partir disso, é preciso construir também o conceito da função horária do MRU.

3.2 PLANO DE AULA 2

Disciplina: Física**Professor:****Conteúdo:** História dos movimentos**Carga horária:** 2 aulas de 45 min.**Objetivo geral:** Reconhecer a história das ciências como parte integrante do ensino da Física.**Objetivos específicos:**

- a) Compreender a evolução histórica de modelos e teorias;
- b) Analisar o contexto histórico e sua influência nas teorias científicas;
- c) Mostrar uma ciência mais humana suscetível a erros;
- d) Verificar a veracidade do experimento da Torre de Pisa;
- e) Comparar as teorias aristotélicas e galileanas.

Metodologia:

Partindo dos conceitos construídos na robótica, faça os seguintes questionamento aos estudantes.

- a) Que meios vocês utilizaram para definir uma forma de calcular a velocidade do robô na primeira atividade?
- b) Sobre os conceitos estudados como velocidade, deslocamento, posição em uma trajetória e entre outros. De onde vocês acreditam que vêm essas teorias?
- c) A partir do que foi desenvolvido até este momento, vocês acreditam que as teorias são criadas a partir de observações?
- d) Vocês conhecem algum cientista ou teoria que envolve ou estudou os movimentos?
- e) Pensando na forma como medimos a distância e o tempo na atividade envolvendo a robótica, como vocês acreditam que isso era feito antes da criação do relógio ou do metro?

Após esses questionamentos e discussões, os estudantes deverão assistir os vídeos que descrevem a história dos movimentos e que estão disponíveis no site <https://sites.google.com/view/cinematicaroboticaeducacional/inicio>.

Após assistir os vídeos, os estudantes devem discutir em grupo a respeito dos conteúdos e resolver as perguntas referentes aos vídeos.

4 CONCLUSÃO

Este produto educacional foi desenvolvido com o intuito de facilitar a prática pedagógica, trazendo um passo a passo para a implementação desta proposta didática.

Procurou-se, neste produto, introduzir os conteúdos de cinemática por meio de experimentação e da história dos movimentos, propondo assim uma atividade em que os estudantes possam perceber uma física mais humanizada e suscetível a erros. Para isso, utilizou-se como base teórica o Construcionismo de Papert e a importância da história das Ciências. Portanto, em um primeiro momento foram abordados os vídeos tutoriais para a aplicação da prática envolvendo a robótica educacional. Cada vídeo tutorial ensina, de forma detalhada, a aplicação da prática. Nos apêndices deste documento estão as duas propostas didáticas.

Em um segundo momento, foi abordada a história das ciências, com vídeos que retratam as teorias sobre os movimentos segundo Aristóteles e Galileu, como também um vídeo da série “Poeira das estrelas”, que mostra o mito do experimento da Torre de Pisa, e, por fim, o vídeo com o experimento de queda livre no vácuo. Tendo como base esses vídeos de apoio, o material proposto nos apêndices e a prática envolvendo a robótica educacional é possível fazer uma abordagem bastante ampla sobre a história das ciências e trazer para a sala de aula uma prática pedagógica que envolve o aprender fazendo.

Quanto à relevância deste produto, acredito que a robótica e a história da ciência podem contribuir na educação brasileira, trazendo uma metodologia mais voltada ao protagonismo do estudante.

REFERÊNCIAS

- BBC TWO. **Experimento de queda livre no vácuo**. 2019. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=IB_mYna8ddQ>. Acesso em 10 de agosto de 2019.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais Introdução**. Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2019.
- AZEVEDO, Marcelo Schiller de. **Robótica Educacional dos Anos Finais do Ensino Fundamental: um estudo de caso**. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências e Tecnologias na Educação) - Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Pelotas, 2017.
- GLEISER, M. **Poeira das estrelas**. Programa Fantástico, 27 ago. 2006. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=LkYrmgkJP5c>>. Acesso em: 20 jun. 2019.
- JÚNIOR, Elson Antonio Nunes; JÚNIOR, Hernani Justo da Silva; BOUÇAS, Marcus Vinicius; SIQUEIRA, Rodrigo de Oliveira. **Apostila de Robótica Educacional**. 2013. 51 f. TEE - Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2013.
- LEGOEDUCATION, **Guia do Usuário**. Disponível em <https://le-www-live-s.legocdn.com/sc/media/files/userguides/ev3/ev3_user_guide_ptbr239a9c0ea7115a07ad83d3ce7dff6773.pdf>. Acesso em: 2 jan. 2020.
- LEGO. **LEGO MINDSTORMS EDUCATION**. 2012.
- LEGOEDUCATION. **Software lego education NXT**. Disponível em <<https://education.lego.com/en-us/downloads/retiredproducts/nxt/software>>. Acesso em: 2 jan. 2020.
- MELO, Mario Marcelino Luiz de. **Robótica e resolução de problemas: uma experiência com o sistema Lego Mindstorms no 12º ano**. 2009. 188 f. Dissertação (Especialização em Tecnologia Educativas) - Pós-Graduação em Tecnologias Educativas, Faculdade de Lisboa, Lisboa, 2009.
- SOUZA, José de Arimater De Souza. **Uma abordagem histórica para o ensino do princípio da inércia**. 2008. 176 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências Naturais e Matemática) - Mestrado em Programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências Naturais e Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

APÊNDICES

Apêndice A - Plano de Aula 1

Disciplina: Física

Professor:

Conteúdo: Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)

Carga horária: 4 aulas de 45 min.

Objetivo geral:

Compreender o MRU por meio da análise gráfica desenvolvida a partir do comportamento de robôs.

Objetivos Específicos:

- a) Montar um robô utilizando o Kit Lego NXT;
- b) Programar o robô;
- c) Construir e analisar gráficos;
- d) Compreender o MRU.

Metodologia:

Separar a turma em equipes de quatro alunos. Utilizar o *software* de programação NXT para realizar a montagem e programação do robô, conforme as instruções descritas. Após a conclusão da montagem, os estudantes devem completar as tabelas com os tempos cronometrados e, a partir desses dados, calcular a velocidade do robô, determinar a função horária e construir os gráficos.

O professor deve construir junto com os estudantes o conceito de velocidade, instigando-os a descobrirem a velocidade do robô. A partir disso deve ser construído também o conceito da função horária do MRU.

Atividade 1: Após a montagem e programação do robô, utilizar as pistas para cronometrar os instantes, completar as tabelas, calcular a velocidade e determinar a função horária.

Programa 1



Pista 1

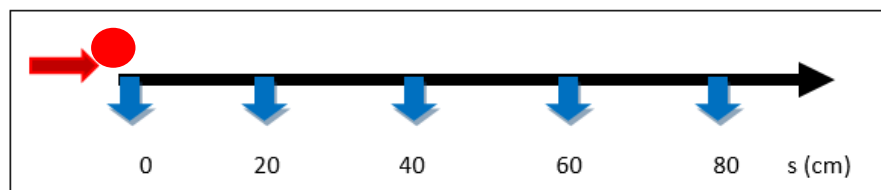


Tabela 1

| S em centímetros | t em segundos |
|------------------|---------------|
| 0 | |
| 20 | |
| 40 | |
| 60 | |
| 80 | |

| |
|---------------------|
| Valor da velocidade |
| |

| |
|----------------|
| Função horária |
| |

Programa 2



Pista 2

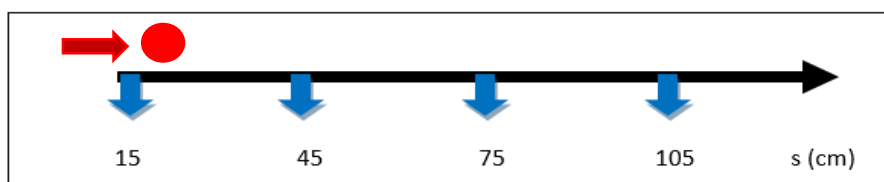


Tabela 2

| | | | |
|------------------|---------------|---------------------|----------------|
| S em centímetros | t em segundos | Valor da velocidade | Função horária |
| 15 | | | |
| 45 | | | |
| 75 | | | |
| 105 | | | |
| 15 | | | |

Programa 3



Pista 3

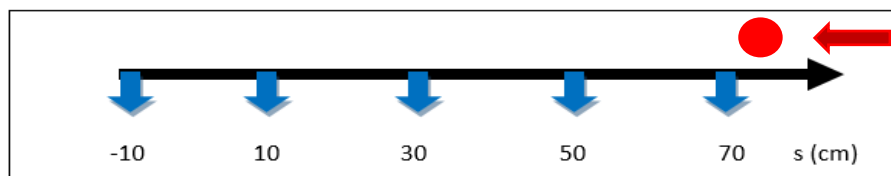


Tabela 3

| | | | |
|------------------|---------------|---------------------|----------------|
| S em centímetros | t em segundos | Valor da velocidade | Função horária |
| 70 | | | |
| 50 | | | |
| 30 | | | |
| 10 | | | |
| -10 | | | |

Programa 4: Nesse momento os estudantes devem trabalhar em duplas e cada uma delas deverá programar o robô com potências diferentes. Nesta atividade vamos observar a ultrapassagem de móveis.

Equipe 1 (amarelo):



Equipe 2 (vermelho):



Pista 4

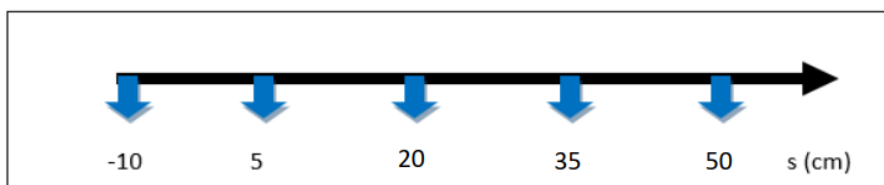


Tabela 4

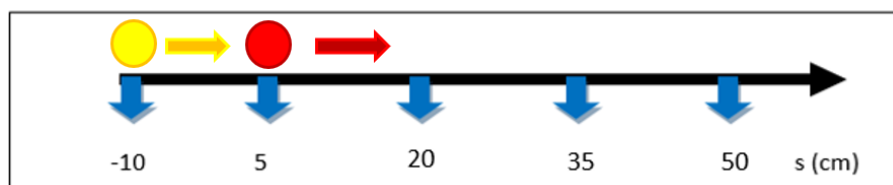
Equipe 1

Equipe 2

| |
|---------------------|
| Valor da velocidade |
| |

| |
|---------------------|
| Valor da velocidade |
| |

Após o preenchimento dos dados nas tabelas, as equipes devem posicionar os robôs na pista. A Equipe 1, deverá colocar seu robô na posição -10 cm e a Equipe 2 na posição 5 cm. Conforme ilustra a figura a seguir:



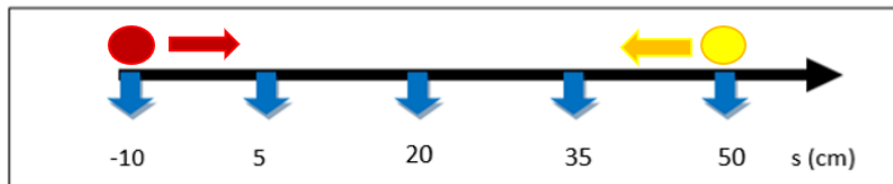
Nos campos abaixo, deverá ser preenchida a função horária de cada robô, o instante e a posição em que o robô da Equipe 1 ultrapassou o robô da Equipe 2.

| Equipe 1 | | Equipe 2 | |
|---------------------|--|----------------------|--|
| Função horária | | Função horária | |
| | | | |
| Posição de encontro | | Instante do encontro | |
| | | | |

Programa 5: Utilizar a mesma programação da Atividade 4.

Tabela 5: Os dados do **módulo da velocidade** serão os mesmos da Atividade 4.

Nesta atividade deverá ser observado o encontro de móveis, para isso os robôs deverão ser posicionados conforme a instrução indicada a seguir:

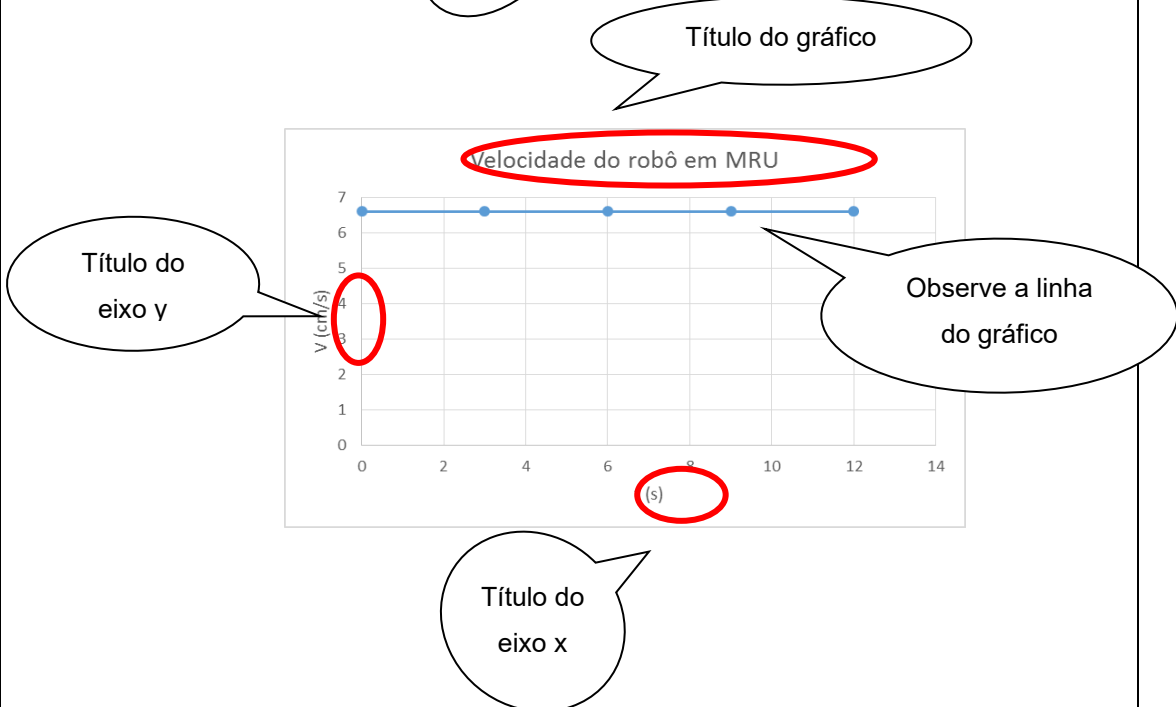
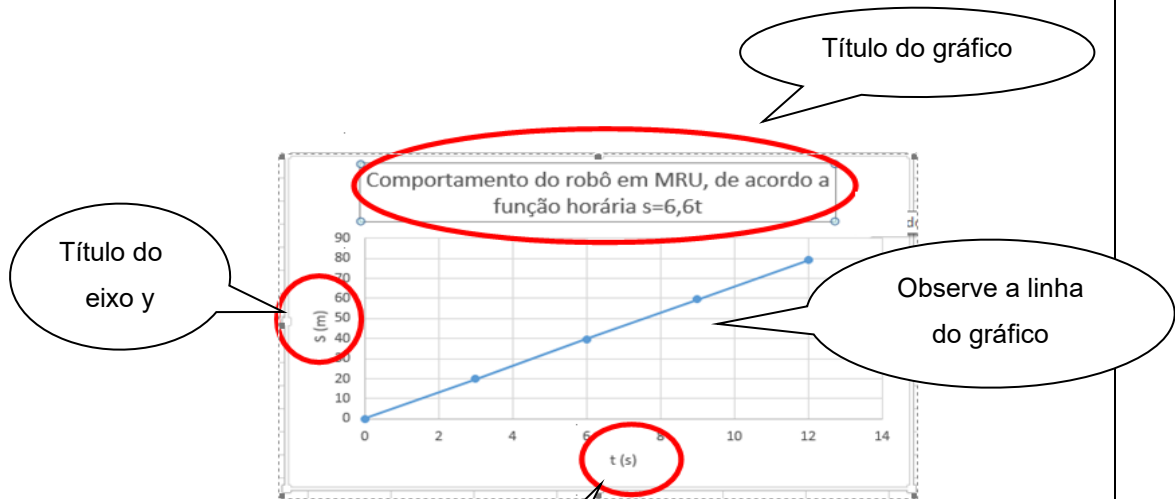


Nos campos abaixo devem ser preenchidas as funções horárias de cada robô, o instante e a posição em que o robô da Equipe 1 encontra o robô da Equipe 2.

| Equipe 1 | | Equipe 2 | |
|---------------------|--|----------------------|--|
| Função horária | | Função horária | |
| | | | |
| Posição de encontro | | Instante do encontro | |
| | | | |

Atividade 2: Com os dados obtidos e registrados nas tabelas, construa os gráficos (posição x tempo e velocidade x tempo) para cada uma das tabelas preenchidas na Atividade 1, utilizando o aplicativo Planilha Eletrônica Excel. Observe o exemplo a seguir para verificar o que os gráficos devem conter.

Gráfico de posição e tempo



Atividade 3: Responda as questões a seguir referentes aos gráficos construídos por sua equipe.

Questão 1) Como a sua equipe calculou as velocidades do robô nas pistas propostas?

| |
|--|
| |
|--|

Questão 2) Quanto ao movimento do robô, qual foi a trajetória descrita?

| | | |
|-------------|--------------|---------------|
| a) parábola | b) retilínea | c) curvilínea |
|-------------|--------------|---------------|

Questão 3) Quanto à velocidade do robô, ela era constante ou variável? Como a sua equipe chegou a essa conclusão?

| |
|--|
| |
|--|

Questão 4) Analise os gráficos de posição x tempo e velocidade x tempo para as atividades 1, 2 e 3 quanto:

a) À classificação e progressivo ou retrógrado

| |
|----------|
| Pista 1: |
| Pista 2: |
| Pista 3: |

b) Ao coeficiente angular e sua relação com a rapidez do robô

| |
|--|
| |
|--|

c) Ao valor da posição inicial

| |
|----------|
| Pista 1: |
| Pista 2: |
| Pista 3: |

d) À passagem pela origem?

Pista 1:

Pista 2:

Pista 3:

e) À classificação em afim, linear e constante

Pista 1:

Pista 2:

Pista 3:

f) À coerência dos gráficos com o observado na prática. As posições indicadas no gráfico estão de acordo com as indicadas nas pistas?

Questão 5) Nas pistas 4 e 5 observamos o encontro dos robôs. Analise os gráficos posição x tempo e responda aos seguintes questionamentos:

a) A respeito da posição e do instante de encontro, eles estão de acordo com o que foi observado na prática? Justifique.

Pista 4

Pista 5

Apêndice B - Plano de Aula 2

Disciplina: Física

Professor:

Conteúdo: História dos movimentos

Carga horária: 2 aulas de 45 min.

Objetivo geral:

Reconhecer a história das ciências como parte integrante do ensino da física.

Objetivos Específicos:

- a) Compreender a evolução histórica de modelos e teorias;
- b) Analisar o contexto histórico e sua influência nas teorias científicas;
- c) Mostrar uma ciência mais humana suscetível a erros;
- d) Verificar a veracidade do experimento da Torre de Pisa;
- e) Comparar as teorias aristotélicas e galileanas.

Metodologia:

Primeiramente os estudantes assistirão os vídeos que descrevem sobre a história dos movimentos. estão disponíveis no site:

<https://sites.google.com/view/cinematicaroboticaeducacional/inicio>.

Após os vídeos, os estudantes devem discutir e grupo a respeito dos conteúdos e resolver as perguntas referentes aos vídeos.

Questão 1) De acordo com o texto, argumente sobre as afirmações abaixo, explicando qual observação levou Aristóteles a defender essa teoria.

- a) Tudo que se modifica é movimento.
- b) O vácuo não existe.
- c) A Terra não exerce nenhuma força de interação com objetos abandonados em sua superfície.
- d) A velocidade de um corpo é proporcional ao seu peso.
- e) A Terra se encontra em repouso no centro do universo.
- f) Repouso e movimento são condições opostas.

Questão 2) Para Aristóteles o movimento violento, só existe enquanto existir força atuando sobre o corpo. Você concorda com essa afirmação? Justifique.

Questão 3) Para Aristóteles se um corpo está em repouso, não pode estar em movimento. Essa afirmação é correta? Justifique.

Questão 4) Ao analisar os dois textos sobre as teorias do movimento de Aristóteles e Galileu, cite as contradições entre as duas teorias?

Questão 5) Em que parte do texto está evidente que a sociedade influenciou na história das ciências?

Questão 6) De acordo com o texto qual experimento nos mostra a primeira ideia do princípio da inércia?

Questão 7) Quais as influências que levaram Aristóteles propor um cosmo simétrico e harmonioso?

Questão 8) Como era o cosmos de Aristóteles?

Questão 9) O vídeo descreve que Aristóteles explicava a gravidade por meio da queda dos corpos. Você concorda com esse trecho do vídeo?

Questão 10) Descreva uma parte onde o vídeo mostra a influência religiosa no modelo do cosmos?

Questão 11) Descreva sobre o experimento da Torre de Pisa. Ele é real? É possível observar que objetos de massas diferentes caem ao mesmo tempo,

quando abandonados simultaneamente de uma mesma altura, considerando a influência do ar?

Questão 12) Por que muitos estudiosos afirmam que Galileu revolucionou as ciências?

Questão 13) Você acredita que os cientistas ao criarem suas hipóteses para explicar modelos, fenômenos naturais são influenciados pela sociedade, crenças e cultura? Descreva um texto defendendo a sua posição.