



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)

Oendel Roberto Wagner

**Uma Proposta de Sequência Didática para a Discussão de Conceitos
Relacionados à Cinemática e Dinâmica Através da Modelização no
Primeiro Ano do Ensino Médio**

Florianópolis
2020

Oendel Roberto Wagner

**Uma Proposta de Sequência Didática para a Discussão de Conceitos
Relacionados à Cinemática e Dinâmica Através da Modelização no
Primeiro Ano do Ensino Médio**

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

Orientador: Prof. Dr. Paulo José Sena dos Santos

Florianópolis
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Wagner, Oendel Roberto

Uma proposta de sequência didática para a discussão de conceitos relacionados à cinemática e dinâmica através da modelização no primeiro ano do ensino médio / Oendel Roberto Wagner ; orientador, Paulo José Sena dos Santos, 2020.

207 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. Ensino de Física. 3. Modelização. 4. Cinemática. 5. Leis de Newton. I. Santos, Paulo José Sena dos . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Título.

Oendel Roberto Wagner

**Uma Proposta de Sequência Didática para a Discussão de Conceitos
Relacionados à Cinemática e Dinâmica Através da Modelização no
Primeiro Ano do Ensino Médio**

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

Prof. Alexandre Magno Silva Santos, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC/FSC

Prof. Lúcio Sartori Farenzena, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC/FSC

Prof. Oswaldo de Medeiros Ritter, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC/FSC

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. Oswaldo de Medeiros Ritter
Coordenador do Programa de Pós-Graduação

Prof. Dr. Paulo José Sena dos Santos
Orientador

Florianópolis, 03 de setembro de 2020.

Dedico este trabalho a todos que acreditam no poder da educação como meio de transformação e desenvolvimento de uma sociedade.

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo apoio e incentivo em todos os momentos de minha vida. Em especial à minha esposa Aline, que vivenciou cada etapa deste processo, pela compreensão e carinho diário ao longo deste período.

À Sociedade Brasileira de Física, pela oferta do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, e à Universidade Federal de Santa Catarina, por fornecer capacitação continuada aos professores de Educação Básica em ensino de Física e de fomentar novas técnicas de instrução para aplicação em sala de aula.

Aos professores que fizeram parte do programa durante a minha formação e que contribuíram com os seus conhecimentos para o meu aprendizado.

Ao meu professor orientador, Dr. Paulo José Sena dos Santos, pelo seu significativo aporte no processo de construção deste trabalho. Sempre paciente e determinado, me incentivando a persistir e superar minhas limitações e angústias, de uma forma tranquila e humanizada.

À direção e coordenação do Marista Escola Social São José por permitir a realização da aplicação deste projeto, pela confiança e apoio no desenvolvimento dele junto aos estudantes.

Aos estudantes, que participaram das aulas e atividades, dispostos a aprender e a vivenciar novas possibilidades.

Aos meus colegas de curso que foram parceiros e solidários no decorrer desta jornada. Durante as aulas partilhamos muitas experiências, momentos de troca e de aprendizados, histórias e principalmente, pelo suporte que cada um deu ao outro nos momentos conturbados.

Agradeço por fim, a todos os meus amigos, que me auxiliaram durante essa caminhada e que souberam entender os momentos que estive ausente.

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.” (MANDELLA, 2003)

RESUMO

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A DISCUSSÃO DE CONCEITOS RELACIONADOS À CINEMÁTICA E DINÂMICA ATRAVÉS DA MODELIZAÇÃO NO PRIMEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO

Oendel Roberto Wagner

A modelização pode ser uma estratégia pedagógica alternativa à abordagem tradicional para a discussão de conceitos. Este trabalho apresenta uma sequência didática construída a partir das propostas para o uso do processo para o ensino de Física, construídas por Hestenes (1987) e van Buuren (2014). Ela parte da questão; “Qual o comportamento da velocidade de um atleta durante uma corrida de 100 metros rasos?” para, através da construção de um modelo, discutir conceitos relacionados à cinemática e a dinâmica. A atividade foi aplicada em uma turma de primeiro ano do ensino médio. Durante as atividades e ao longo da sequência, discutimos as etapas necessárias para a construção do modelo que são: descrição, formulação, ramificação e validação. Na descrição da corrida de 100 metros rasos os estudantes identificaram as grandezas físicas presentes nessa situação. Na formulação, identificaram e representaram as grandezas relevantes que interferem no comportamento da velocidade. Para isso, deram ênfase na construção dos diagramas de forças para depois escreverem a equação do movimento. A ramificação foi pouco discutida. E na validação, foi testado o modelo e comparado com outros exemplos. Para a implementação dos modelos propostos pelos estudantes, foi utilizado o *software Modellus* que permite, sem o conhecimento de uma linguagem de programação, a obtenção de tabelas e gráficos para a comparação com resultados experimentais ou de outros trabalhos, como os realizados por Keller (1973) e Tibshirani (1997) que construíram modelos para o entendimento do comportamento da velocidade para essa prova. Para uma primeira avaliação dos resultados obtidos foi feita uma análise das avaliações realizadas pelos estudantes após a participação na sequência. A análise, que utilizou uma metodologia qualitativa e exploratória, permitiu a construção de categorias que possibilitaram, entre outros pontos identificar; principais acertos e erros cometidos pelos estudantes na resolução de problemas; e as etapas dos processos que foram mais entendidas e utilizadas pelos estudantes no tratamento de uma situação parecida com a que foi proposta na avaliação. Os resultados apontam que as situações relacionadas às etapas de descrição e formulação foram bem desenvolvidas pelos estudantes, pois foram capazes de identificar as grandezas relevantes e de escrever as equações de movimento, porém apresentaram alguns equívocos nos cálculos dos valores das forças. Entretanto, a abordagem da ramificação e da validação precisam ser repensadas, pois seus elementos não apareceram com frequência nas respostas dos estudantes.

Palavras-chave: Modelização. Cinemática. Leis de Newton.

ABSTRACT

A PROPOSAL FOR TEACHING SEQUENCE FOR DISCUSSION OF CONCEPTS RELATED TO KINEMATICS AND DYNAMICS THROUGH MODELING IN THE FIRST YEAR OF HIGH SCHOOL

Oendel Roberto Wagner

Modeling could be a pedagogical strategy for discussing alternative concepts to the traditional approach. This work presents a teaching and learning sequence for the discussion of concepts of kinematics and dynamics through the construction of a model for a 100 m race. The activity was applied to a class of first year of high school. During the activities along the sequence we discussed the necessary steps for the construction of the model, which are: description, formulation, branching and validation. In the description of the 100-meter dash, students identified the physical quantities present in this situation. In the formulation, they identified and represented the relevant quantities to understand behavior of speed. We gave an emphasis to the construction of force diagrams and formulation of motion equations. The ramification has been little discussed. In the validation, the students used the Modellus software to test their models and compared their results with those obtained by Keller (1973) and Tibshirani (1997). A first evaluation of the results obtained was carried out, through the analysis of the evaluations made by the students after participating in the teaching sequence. We use a qualitative and exploratory methodology to build categories that make possible to identify: the main successes and mistakes made by students in solving problems; and the stages of the processes that were most used by the students in the treatment of a situation similar to that proposed in the evaluation. The results show that the situations related to the description and formulation stages were well developed by the students, as they were able to identify the relevant quantities and to write the equations of motion, but they presented some mistakes in the calculation of the force values. Nevertheless, the ramification and validation approach need to be rethought, because its elements did not appear frequently in the student's answers.

Keywords: Modeling. Kinematics. Dynamics.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVO GERAL.....	4
1.1.1 Objetivos específicos	4
CAPÍTULO 2.....	5
A MODELIZAÇÃO E A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS.....	5
2.1 MODELIZAÇÃO	5
2.2 TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS	9
CAPÍTULO 3.....	15
A FÍSICA DA PROVA DE 100 METROS RASOS	15
CAPÍTULO 4.....	25
<i>SOFTWARE MODELLUS</i>	25
CAPÍTULO 5.....	28
SEQUÊNCIA DIDÁTICA	28
ATIVIDADE 1 - INTRODUÇÃO DA PROPOSTA SOBRE OS PROCESSOS PARA CONSTRUÇÃO DE UM MODELO. (1 HORA-AULA).....	30
ATIVIDADE 2 - INTRODUÇÃO DA PRIMEIRA ETAPA DOS PROCESSOS DE MODELIZAÇÃO - DESCRIÇÃO DE UMA PROVA DE 100 METROS RASOS. (1 HORA-AULA).....	31
ATIVIDADE 3 - DESCRIÇÃO DE UMA PROVA DE 100 METROS RASOS. (4 HORAS-AULA).....	31
ATIVIDADE 4 - DISCUSSÃO DO GRÁFICO DA VELOCIDADE X POSIÇÃO. (3 HORAS- AULA)	32
ATIVIDADE 5 – DIAGRAMA DE FORÇAS. (2 HORAS-AULA).....	33
ATIVIDADE 6 – DIAGRAMA DE FORÇAS EM OUTRAS SITUAÇÕES. (2 HORAS-AULA)	34
ATIVIDADE 7 – AULA SOBRE A FORÇA DE RESISTÊNCIA DO AR (2 HORAS-AULA)	35
ATIVIDADE 8 – EXERCÍCIO PARA ESCREVER A EQUAÇÃO DO MOVIMENTO. (1 HORA- AULA)	36
ATIVIDADE 9 – APRESENTAÇÃO DO <i>SOFTWARE MODELLUS</i> . (2 HORAS-AULA).....	36
ATIVIDADE 10 – TESTANDO O <i>SOFTWARE MODELLUS</i> . (2 HORAS-AULA)	39
ATIVIDADE 11 – CONSTRUÇÃO DO MODELO PARA A CORRIDA DE 100 METROS RASOS E IMPLEMENTAÇÃO NO <i>SOFTWARE MODELLUS</i> . (1 HORA-AULA).....	40
ATIVIDADE 12 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS. (2 HORAS-AULA).....	41
ATIVIDADE 13 – RESOLUÇÃO DE SITUAÇÕES-PROBLEMA. (2 HORAS-AULA)	42
ATIVIDADE 14 – AVALIAÇÃO FINAL. (1 HORA-AULA).....	43
CAPÍTULO 6.....	44
METODOLOGIA.....	44
CAPÍTULO 7.....	48
RESULTADOS E ANÁLISE	48
7.1 DESCRIÇÃO DAS AULAS	48
Atividade 1 – Realizada em 31/07/19 - 1 hora-aula.....	48
Atividade 2 - Realizada em 02/08/19 - 1 hora-aula	49
Atividade 3 – Realizada de 09/08/19 à 23/08/19 - 4 horas-aula	49

Atividade 4 – Realizada de 28/08/19 à 04/09/19 - 3 horas-aula	51
Atividade 5 – Realizada de 06/09/19 à 11/09/19 - 2 horas-aula	52
Atividade 6 – Realizada de 13/09/19 à 18/09/19 - 2 horas-aula	53
Atividade 7 – Realizada de 20/09/19 à 25/09/19 - 2 horas-aula	54
Atividade 8 – Realizada no dia 27/09/19 - 1 hora-aula	54
Atividade 9 – Realizada de 02/10/19 à 11/10/19 - 2 horas-aula	55
Atividade 10 – Realizada de 16/10/19 à 18/10/19 - 2 horas-aula	55
Atividade 11 – Realizada no dia 23/10/19 - 1 hora-aula	56
Atividade 12 – Realizada de 25/10/19 à 30/10/19 - 2 horas-aula	56
Atividade 13 – Realizada de 01/11/19 à 06/11/19 - 2 horas-aula	57
Atividade 14 – Realizada no dia 13/11/19 - 1 hora-aula	58
7.2 DISCUSSÃO DA AVALIAÇÃO FINAL.....	58
7.2.1 Aspectos relacionados à resolução da situação-problema.....	60
7.2.2 Aspectos relacionados à modelização	66
CAPÍTULO 8.....	79
CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
REFERÊNCIAS	84
APÊNDICE A.....	87
PLANOS DE AULA.....	87
APÊNDICE B.....	117
ATIVIDADES APLICADAS PARA CONSTRUÇÃO DO PROCESSO DE MODELIZAÇÃO.....	117
APÊNDICE C.....	136
MATERIAL DE APOIO – TEXTOS E AULAS EM <i>POWER POINT</i>	136
APÊNDICE D.....	159
AVALIAÇÃO FINAL E QUESTIONÁRIO	159
APÊNDICE E.....	164
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO E TERMO DE ASSESSAMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	164
APÊNDICE F	174
ANÁLISE DOS ASPECTOS E TRANSCRIÇÕES DAS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES.....	174

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Representação Esquemática do Processo de Modelagem.....	8
Figura 2 - Gráfico da velocidade x posição de uma corrida de 100 metros rasos.....	17
Figura 3 - Recorte da análise de desempenho em uma prova de 100 metros rasos.....	18
Figura 4 - Gráfico da velocidade x tempo de uma corrida.....	19
Figura 5 - Modelo de uma corrida de 100 metros rasos.....	20
Figura 6 - Representação das Forças.....	21
Figura 7 - Representação da Equação no Software Modellus	23
Figura 8 - Tela do Modellus.....	23
Figura 9 - Tela inicial do Software Modellus.....	26
Figura 10 - Representação das Forças.....	34
Figura 11 - Página Inicial do Software Modellus	37
Figura 12 - Modelo para Queda livre sem a resistência do ar	38
Figura 13 - Modelo de uma Queda Livre com a Força de Resistência do Ar ...	39
Figura 14 - Modelo para a Corrida de 100 metros rasos	40
Figura 15 - Modelo para a corrida de 100 metros rasos de Keller x Tibshirani	41
Figura 16 - Distribuição das Forças no Bloco.....	62
Figura 17 - Distribuição das forças no atleta de natação.....	74

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas do Desenvolvimento da Sequência Didática.....	28
Quadro 2 - Aspectos analisados nas questões.....	47
Quadro 3 - Resultados da Questão 1 do item A.....	62
Quadro 4 - Elementos Analisados.....	63
Quadro 5 - Resultados da Questão 1 – Itens C, D e E.....	65
Quadro 6 - Resultados da Questão 2.....	68
Quadro 7- Etapas do Processo de Modelização reconhecidas na questão 2.....	68
Quadro 8 - Resultados da questão 3.....	71
Quadro 9 - Elementos da Descrição presentes na resposta da questão 3.....	72
Quadro 10 - Respostas da questão 4.....	75
Quadro 11 - Elementos do Diagrama de forças da questão 4.....	76
Quadro 12 - Análise dos Elementos presentes na Avaliação Final da Questão 1 – Item “A”.....	175
Quadro 13 - Análise das Respostas dos Estudantes na Avaliação Final da Questão 1 (Itens B, C, D e E).....	179
Quadro 14 - Transcrição e Análise das Respostas dos estudantes da questão 2.....	181
Quadro 15 - Transcrição e Análise das Respostas dos Estudantes da Questão 3.....	186
Quadro 16 - Resultado da Análise dos Elementos presentes na Avaliação Final da Questão 4.....	192

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

A Física é uma ciência que busca compreender os fenômenos da natureza e utiliza os modelos como uma de suas principais ferramentas. A modelização dos fenômenos da natureza possibilita a compreensão das leis e dos principais aspectos que descrevem esses eventos que estão presentes nas diversas atividades do cotidiano.

A discussão de alguns pontos desses fenômenos são temas das aulas de física. Então, ensinar os conceitos físicos, explicar como as coisas funcionam, e toda tecnologia envolvida que está inserida no nosso meio é algo bastante motivador para um professor de física. Porém, as dificuldades inerentes aos conceitos discutidos e a forma como acontece essa abordagem pode ser um dos fatores que tornam as aulas de física desinteressantes para os estudantes.

De acordo com Veit e Teodoro (2002, p. 88) “na prática, a Física representa para o estudante, na maior parte das vezes, uma disciplina muito difícil, em que é preciso decorar fórmulas cuja origem e finalidade são desconhecidas.” Nesse sentido, o ensino de física no ensino médio, ainda é um desafio grande para os professores, uma vez que, atualmente está cada vez mais difícil discutir conceitos físicos utilizando uma abordagem mais tradicional. Os problemas encontrados nessa abordagem são os mais variados, dentre eles merece destaque a passividade dos alunos nesse processo, em que na maioria das vezes o professor transmite os conceitos e o aluno apenas ouve. A interpelação de forma tradicional no ensino, muitas vezes acaba inibindo a curiosidade do aluno, fazendo com que esse, simplesmente decore conteúdos e estratégias para a resolução de problemas. Espera-se que o estudante ao final da discussão de um conteúdo possa utilizá-lo em avaliações futuras, e que consiga além de ser aprovado, uma real assimilação dos conceitos discutidos e a apropriação deste conhecimento, mas isso muitas vezes não acontece de fato.

Assim, é preciso buscar formas alternativas para a discussão dos conceitos e utilizar recursos diferentes para auxiliar o processo de aprendizagem. Os ciclos de modelagem são um exemplo de abordagem que

podem contribuir no processo de ensino e aprendizagem de conteúdos de física. Nesse sentido, através dessa proposta, o estudante pode se colocar como protagonista durante a condução de uma investigação.

Os modelos na física são representações menos complexas de situações reais. Segundo Heidemann (2012, p. 969) "... modelos são representações simplificadas da realidade confeccionada com o intuito de descrever, analisar e explorar objetos ou fenômenos." O processo de construção desses modelos ou ciclos de modelagem pode ser a partir da linguagem matemática, uso de tecnologias de informação e comunicação, atividades experimentais, ou ainda, atividades baseadas em simulações computacionais. Hestenes (1987 apud SOUZA, 2015, p. 5) afirma que:

Um modelo é um objeto substituto, uma representação conceitual de uma coisa real. Os modelos em física são modelos matemáticos, o que significa que propriedades físicas são representadas por variáveis quantitativas dentro dos modelos. (HESTENES;1987, tradução SOUZA; 2015, p.5)

Heidemann (2012, p. 970) destaca que "os princípios teóricos são mais bem aprendidos a partir de modelos, pois eles fornecem contexto para os princípios teóricos promovendo situações que dão sentido aos conceitos a serem aprendidos." O ensino de física através do uso de modelos pode se tornar mais significativo para os alunos, pois permite a discussão de situações mais próximas as encontradas no mundo real.

A modelização é uma abordagem que possibilita a discussão de conceitos de uma forma que difere da tradicional. O seu uso na prática escolar permite o desenvolvimento de habilidades e conhecimentos básicos, que é um caminho natural do ensino e aprendizagem. Mas, é necessário que o estudante possua um conhecimento inicial sobre o assunto que vai ser desenvolvido. O conhecimento de algumas equações matemáticas e leis físicas são essenciais para que o estudante consiga desenvolver a tarefa de modelagem. Por isso, é importante o professor apresentar para a classe os elementos que auxiliarão o estudante no processo de construção de seu modelo.

Segundo van Buuren (2014) é importante aprender sobre modelização na escola, pois é uma atividade profissional de cientistas e engenheiros, além de

proporcionar aos estudantes uma melhor compreensão dos fenômenos que acontecem no cotidiano. Desse modo, é interessante que eles saibam fazer, usar e testar seus modelos. Ainda ressalta o fato de melhorar a habilidade de raciocínio científico, podendo incentivar ainda outras habilidades, tais como: previsão de problemas, desenvolvimento de hipóteses, testes e raciocínio lógico. Outra vantagem, é que o estudante pode aprender o conteúdo através da linguagem matemática nos *softwares* em que geralmente são testados os modelos e usados nas salas de aula.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) propõem que a disciplina de Física seja trabalhada a partir de competências e habilidades. Algumas dessas competências estão relacionadas com a compreensão e investigação dos fenômenos físicos (BRASIL, 2004). Uma das competências gerais que engloba a investigação e a compreensão é justamente o uso de modelos explicativos e representativos, que traz como detalhamento em física três aspectos muito importantes (VEIT; TEODORO, 2002):

- Conhecer modelos físicos microscópicos, para adquirir uma compreensão mais profunda dos fenômenos e utilizá-los na análise de situações-problema;
- Interpretar e fazer uso de modelos explicativos, reconhecendo suas condições de aplicação;
- Elaborar modelos simplificados de determinadas situações, a partir dos quais seja possível levantar hipóteses e fazer previsões.

O ensino necessita de maneira geral, que novas abordagens sejam aplicadas, e vislumbro na utilização de modelos uma maneira de tentar romper com o processo tradicional. Porém, para isso é preciso um pouco de paciência, pois os estudantes, em sua maioria, estão acostumados com a abordagem tradicional, e precisam de tempo para se adaptarem.

O principal objetivo deste material é propor uma sequência didática que faça uso de uma abordagem com base nos processos de modelização em uma

turma de primeiro ano do ensino médio. O instrumental criado e disponibilizado nos apêndices está baseado nos ciclos de modelagem propostos por Hestenes (1987), mas apresenta contribuições das etapas apresentadas por Van Buuren (2014).

1.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é propor uma sequência didática que faça uso de uma abordagem a partir dos processos de modelização.

1.1.1 Objetivos específicos

- Planejar, elaborar e executar uma sequência didática que utilize os processos de modelização;
- Aplicar a sequência didática em uma turma do primeiro ano do ensino médio;
- Avaliar a aplicação da sequência didática e o uso da modelização.

Este trabalho foi estruturado em capítulos. No capítulo 2 é discutido sobre a Modelização e a Teoria dos Campos Conceituais. No 3, é apresentado a Física dos 100 metros rasos que foi a situação utilizada para a construção do modelo. No capítulo 4 é destacado o *Software Modellus* utilizado para auxiliar na representação e visualização do modelo desenvolvido pelos estudantes. O capítulo 5 é sobre as atividades propostas na Sequência Didática. No 6, há o relato da Metodologia de trabalho. No capítulo 7 são apresentados os Resultados e Análises do desenvolvimento da aplicação das atividades com uma descrição sucinta de cada aula realizada e uma análise e discussão dos resultados obtidos na avaliação final. Por fim, as Considerações finais no capítulo 8 e os Apêndices do material produzido.

Capítulo 2

A MODELIZAÇÃO E A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

2.1 Modelização

Um modelo é um artefato que dá suporte ao raciocínio, desse modo possibilita a produção de conhecimento e a aprendizagem (JUSTI; MOZZER, 2018) e cujos "objetivos estão relacionados a várias práticas científicas como simplificar, explicar, abstrair, argumentar, elaborar previsões, representar, planejar experimentos e/ou outros modelos." (GILBERT; JUSTI, 2016, p.32).

O processo de modelização pode ser entendido tanto como a elaboração de novos modelos, quanto como a utilização e revisão de outros modelos com diferentes limites de aplicação (JUSTI; MOZZER, 2018). Para a autora, por se tratar de um processo ele é dinâmico e criativo, e necessita de um conjunto de habilidades para ser conduzido. Diversos trabalhos procuraram descrever e identificar as etapas desse processo para a construção do conhecimento científico, e desde a década de 1980 surgiram propostas para a sua inserção no ensino de Ciências e em particular no de Física.

Para Hestenes (1987) o conhecimento científico é de dois tipos; factual e procedimental. Para o autor o conhecimento factual consiste em teorias, modelos e interpretação de dados empíricos, em algum grau, por modelos em concordância com a teoria. O procedimental consiste em estratégias e técnicas para desenvolver, validar e utilizar o conhecimento factual. Neste contexto, os modelos assumem um papel de destaque, assim o aprendizado sobre sua construção e utilização para a análise de diferentes situações também devem ser objetivos do ensino de Física.

Segundo o autor, o processo de desenvolvimento de modelos é subdividido em quatro estágios implementados sucessivamente (HESTENES, 1987):

- Descrição - caracterizado pela escolha da teoria que será utilizada para descrever os objetos, fenômenos e as propriedades que serão

modeladas. O resultado desse estágio é um conjunto de variáveis descritivas para o modelo e suas implicações.

- Formulação - as leis físicas são utilizadas para determinar as equações referentes à dinâmica do objeto a ser modelado.
- Ramificação - discussão das propriedades e implicações especiais do modelo.
- Validação - corresponde à avaliação empírica do modelo.

Ele aponta que os estudantes apresentam grande dificuldade na descrição e que tanto professores, quanto livros didáticos, deixam de lado os aspectos relacionados a esse estágio. Por outro lado, a ramificação costuma ser bem discutida, porém não como parte do processo de modelização (HESTENES, 1987).

Em sua proposta, para a implementação da modelização como estratégia de resolução de problemas, são necessários os seguintes passos (HESTENES, 1987):

- a) A extração de informações que podem ser usadas no desenvolvimento do modelo e a sua representação de forma esquemática;
- b) A formulação de um objetivo em função da obtenção da informação sobre os objetos ou da determinação de processos;
- c) A escolha de uma teoria e, em alguns casos, a seleção de tipos de modelos para o objeto de interesse;
- d) A escolha das variáveis;

e) Após a formulação deve-se verificar se a informação especificada é suficiente para a determinação das informações. Nesse momento existe a possibilidade de identificação de aspectos contraditórios ou irrelevantes para o cumprimento dos objetivos.

f) Deve-se solucionar ou derivar novas equações para as variáveis que devem ser determinadas. Nesse momento podem ocorrer direcionamentos para o cumprimento de objetivos específicos, enquanto na escolha de um modelo mais geral a ramificação deve explorar e analisar as suas implicações.

g) Na exploração e análise as informações específicas são fundamentais, pois guiam o desenvolvimento do modelo, incluindo as escolhas das variáveis no estágio descritivo.

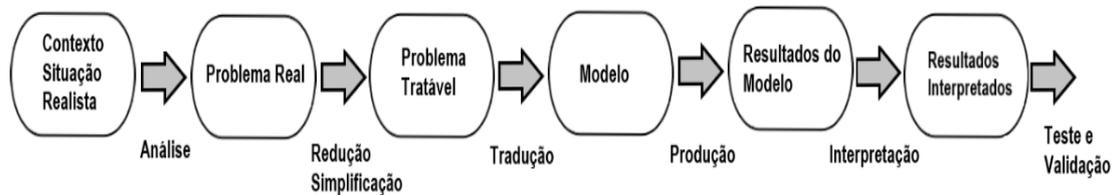
As etapas (a) até (d) podem ser associadas ao estágio da descrição, o passo (e) corresponde à formulação, o (f) à ramificação e, finalmente, (g) corresponde à validação.

A descrição de Hestenes, para o processo de modelização, permitiu o desenvolvimento de sua proposta para os ciclos de modelagem, que foram aplicados em diversas investigações e sequências didáticas para o tratamento de conceitos em Física, como por exemplo, nos trabalhos de Heidemann, Araújo e Veit (2012) sobre os ciclos de modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de Física; o trabalho sobre modelagem no ensino / aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio onde Veit e Teodoro (2002) discutem sobre a modelagem no ensino de Física.

Para van Buuren (2014) a modelização vai além de construir e utilizar modelos, pois envolve um processo de compreensão. Nesse sentido, seu trabalho de pesquisa propõe um "processo de modelização" que pode ser sintetizado na figura (1). Esta representação esquemática da figura (1) está de acordo com a competência de modelagem que faz parte da proposta de renovação do currículo de Física Holandês (Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo / vwo, 2006, p. 2) afirma que "os alunos devem ser

capazes de analisar uma situação em um contexto realista e reduzi-la a um problema administrável, traduzir isso em um modelo, gerar resultados, interpretar esses resultados, testar e avaliar o modelo”.

Figura 1 - Representação Esquemática do Processo de Modelagem.



Fonte: van Buuren; 2014, traduzido pelo autor.

A diferença entre esta proposta e a apresentada por Hestenes está na ênfase da passagem da situação real para o "problema tratável", ou seja, o problema que dará origem ao modelo. Durante a realização dessa passagem as análises, idealizações e abstrações assumem um papel fundamental. Portanto, o entendimento dessa etapa permite o estabelecimento e entendimento das relações existentes entre fenômenos cotidianos e a Física discutida na sala de aula.

O processo proposto por van Buuren (2014) é muitas vezes denominado ciclo de modelização, pois para teste, validação e avaliação de um modelo, é necessário revisitar a situação real, enquanto para a extensão do modelo o problema é revisitado. O autor ainda argumenta que uma abordagem que utilize o processo completo de modelização fornece uma visão melhor sobre os métodos e a natureza da Ciência.

Portanto, a análise das investigações e processos descritos, permitem identificar a descrição do fenômeno como um aspecto fundamental na elaboração de um modelo. Por esse motivo, nessa sequência didática ela terá um papel de destaque. Além disso, essa sequência didática, apesar de sofrer influências do ciclo proposto por Hestenes, apresenta semelhanças com as etapas propostas por van Buuren.

Na próxima seção será apresentada uma breve discussão sobre o uso do processo de modelização para o ensino e aprendizagem de conceitos sob a luz da teoria dos campos conceituais proposta por VERGNAUD (1996).

2.2 Teoria dos campos conceituais

A fundamentação da estratégia de ensino-aprendizagem sobre a construção de um modelo, seguindo as etapas do processo de modelização, apresentada neste trabalho, está baseada na teoria dos campos Conceituais de Gerard Vergnaud. Segundo Moreira essa teoria é:

“cognitivista neopiagetiana que pretende oferecer um referencial mais frutífero do que o piagetiano ao estudo do desenvolvimento cognitivo e da aprendizagem de competências complexas, particularmente aquelas implicadas nas ciências e na técnica...” (MOREIRA, 2002, p. 8)

A teoria dos campos conceituais procurou inicialmente uma compreensão das especificidades de conceitos mais complexos e amplos ligados à área da matemática. Em pouco tempo, foi estendido para o entendimento da construção do conhecimento na área das Ciências da Natureza, pois de maneira geral as Ciências utilizam a matemática como uma linguagem, logo foi natural a extensão do uso dessa teoria.

Para Vergnaud (1983b *apud* MOREIRA, 2002, p. 9) campo conceitual é “um conjunto de problemas e situações cujo tratamento requer conceitos, procedimentos e representações de tipos diferentes, mas intimamente relacionados”. Os diversos ramos da Física podem ser entendidos como um campo conceitual. Os principais argumentos utilizados por Vergnaud para definir o conceito de campos conceituais são: (*Ibid.*, p. 9):

- 1) Um conceito não se forma dentro de um só tipo de situação;
- 2) Uma situação não se analisa com um só conceito;
- 3) A construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo de muito fôlego que se estende ao longo dos anos, às vezes uma dezena de anos, com analogias e mal-entendidos entre situações, entre concepções, entre procedimentos, entre significantes.

Para que um conceito seja compreendido é necessário que algumas situações sejam analisadas. A aprendizagem de um campo conceitual acontece quando existe o entendimento sobre um conjunto de fatores, como por exemplo: resolução de problemas, representação de situações, e a organização de esquemas, de uma forma interligada. Desse modo, segundo a teoria de Vergnaud, o desenvolvimento cognitivo está estreitamente ligado com situações enfrentadas pelo indivíduo e com a conceitualização.

Nesse sentido, para Vergnaud (1982, p. 36; 1996a, p.7; 2013b, p. 142 *apud* CEDRAN; KIOURANIS 2019, p. 66) um conceito pode ser definido a partir de um conjunto triplo de elementos constituído por $C = (S, I, L)$, onde:

S – conjunto de situações que tornam o conceito significativo;

I – conjunto de invariantes operacionais, que instituem o conceito e estruturam as formas de organização do pensamento, e que serão evocados pelas situações;

L – conjunto de representações linguísticas e simbólicas que são usadas para retratar o conceito, suas propriedades e as situações ao qual estão relacionadas.

Assim, para a teoria, o desenvolvimento cognitivo ocorre quando esses conjuntos operam simultaneamente. Cedran e Kiouranis (2019, p. 67) destacam que um conceito é o “ato de enfrentar as situações, provocar os invariantes e representar as situações e conceitos nela envolvidos, configurando a ideia de mobilidade para um fundamento.” Portanto, o papel do professor é buscar ou propor situações que favoreçam uma interação entre esses conjuntos para que o indivíduo aprenda.

Para a teoria, as situações proporcionam a construção de significados para os conceitos uma vez que são “os esquemas evocados no sujeito que dão sentido a uma dada situação” (MOREIRA, 2002, p. 11). Um esquema para Vergnaud (1990, p. 136; 1993, p. 2; 1994. p. 53; 1996c, p. 201; 1998, p. 168 *apud* MOREIRA 2002, p. 12) é “a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações”.

Para Vergnaud (2013a *apud* CEDRAN; KIOURANIS 2019, p. 69) um esquema pode ter duas funções:

Organizar e gerenciar ações em situações já familiares, ou ainda, abordar e enfrentar situações desconhecidas, ampliando as ramificações ao qual se aplica o esquema. Assim, os esquemas se adaptam às situações e, durante o desenvolvimento cognitivo, são ampliados a outras classes de situações. (VERGNAUD, 2013a *apud* CEDRAN; KIOURANIS 2019, p. 69)

Sendo assim, o processo de construção de um modelo pode ser entendido, também, como um esquema de pensamento. Uma vez que ele permite enfrentar novas situações, como aquelas mais próximas das reais, com o propósito de entender a essência dos fenômenos, e de buscar significados para novos conceitos.

A modelização é uma estratégia de ensino que possibilita ao estudante mobilizar a construção de um modelo. Para esse processo ser configurado o aluno mobiliza habilidades para representar fenômenos físicos ou situações. Então, desse modo, podemos associar esse processo de construção a um esquema, em que a conceitualização vai propiciar a construção de novos modelos, mais complexos ou simplificados, mas que podem utilizar o mesmo esquema como base para essa construção do conhecimento de significados.

Cedran e Kiouranis afirmam que um esquema tem como função principal “assegurar a incorporação de novas informações, de maneira entrelaçada sobre novos objetos” (CEDRAN e KIOURANIS 2019, p. 69). Desse modo, o uso da modelização pode auxiliar o desenvolvimento cognitivo do estudante, uma vez que as etapas do processo auxiliam a organização do pensamento.

Para fazer a descrição de um evento é preciso analisar os detalhes e definir as grandezas que são relevantes para a construção de um modelo, a qual algumas abstrações podem ser feitas. É preciso organizar as informações que são relevantes para a problemática que temos interesse em solucionar. A investigação para descrever essa situação é pautada em fases, que demanda tempo para estruturar os aspectos analisados e estabelecer os que são importantes, precisando verificar o evento de maneira minuciosa.

Na formulação a linguagem matemática auxilia o processo de leitura e na interpretação das grandezas físicas relevantes observadas na descrição. Ao identificar as forças que atuam em uma determinada situação o estudante pode construir o diagrama de forças. Esse proporciona uma análise do comportamento e função de cada força que contribui para a construção da

equação do movimento. A partir dessa, o estudante pode avançar ainda mais, por exemplo, construir gráficos e/ou tabelas que possibilitam a organização de informações e o entendimento do comportamento das grandezas em uma dada situação ou momento. Há relação dessa etapa com o conjunto de representações linguísticas e simbólicas para compreensão dos símbolos e códigos que constituem a representação de um fenômeno físico.

A ramificação é uma etapa que permite ao estudante discutir as propriedades e implicações do modelo. Nesse momento, de maneira geral, são utilizadas diferentes representações (equações, gráficos, linguagens – no sentido de palavras), que devem ser interpretadas de modo a adquirir um significado. Essa fase da modelização pode proporcionar aos estudantes uma ampliação no desenvolvimento de seus esquemas ou ainda provocar uma ruptura de ideias para criar novos esquemas e buscar novos significados. A ramificação se associa com o desenvolvimento de um esquema ativo, pois essa fase pode desencadear novas situações de aprendizagem e desenvolvimento cognitivo, além daquelas que o estudante já domina. De acordo com Vergnaud (1996a *apud* CEDRAN; KIOURANIS 2019, p. 70) para novas situações:

“...são utilizados muitos esquemas, que são estendidos a esta nova classe de situações, ou ainda, que são renegados, antes mesmo da constituição de uma ideia. No fundo sempre são os esquemas os evocados para resolução de uma situação. Mesmo os fracassos mostram alguns esquemas que supostamente foram, de maneira frustrada, usados pelo indivíduo (VERGNAUD, 1996a *apud* CEDRAN; KIOURANIS 2019, p. 70)

E finalmente temos a validação, onde a possibilidade de testar o modelo pode confirmar toda a estratégia adotada. Pode-se confirmar o entendimento de um fenômeno, ou então, perceber que houve equívocos e descartar algumas situações e utilizar o esquema para reavaliar as etapas do processo. Nesse instante o estudante pode avaliar empiricamente o seu modelo, ou seja, perceber que toda a estrutura desenvolvida para encontrar uma solução pode ser muito mais interessante que o resultado final em si. Portanto, o esquema que abrange todos os estágios da modelização é preponderante diante de uma única solução, sendo possível usar essa estrutura para desenvolver outras situações, ou ainda, adaptá-las para ramificar essa situação-problema no desenvolvimento cognitivo

de outros conceitos. Hestenes (1987) afirma que para validar um modelo é preciso checar todas as etapas do processo, não apenas a solução.

Para Vergnaud os esquemas são formados pelos seguintes elementos: “objetivos, submetas e expectativas; regras para gerar ação, busca de informação e controle de decisões; invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação); possibilidade de inferência.” (CEDRAN, KIOURANIS 2019, p. 72).

Nesse contexto os objetivos podem estar associados com a fase da descrição, pois é nesse momento que o sujeito analisa uma situação para construir as primeiras impressões que são fundamentais para organizar as grandezas relevantes ao analisar e posteriormente descrever a situação observada de maneira detalhada. É o ponto de partida para organização de todo o esquema.

As regras para gerar ação nesta linha de pensamento estão atreladas à formulação. Essa é elaborada através das informações coletadas na descrição, logo essas regras possibilitam o alcance dos objetivos, então de acordo com Vergnaud (1996b, 2007a apud CEDRAN; KIOURANIS 2019, p.72) “são responsáveis em assegurar o processo regulatório dos esquemas.” Fazendo um paralelo com aquilo que se busca na formulação podemos destacar: a construção do diagrama de forças para identificar, por exemplo, a força responsável pelo movimento de um corpo, e após compreender as funções de cada força, começar a construir a equação do movimento para ele.

Os invariantes operatórios demandam um maior tempo para sua compreensão, mas são corriqueiros dentro de um esquema. Dessa maneira, as etapas do processo de modelização exigem uma apropriação do conhecimento para transpor a estruturação da ideia em novas aplicações de outros conceitos. Isso implica em um domínio de conceitos iniciais pelo estudante para que possa avançar no seu desenvolvimento cognitivo dos invariantes operatórios.

Cedran e Kiouranis (2019) salientam que os invariantes operatórios:

“...estão ligados aos objetivos, regras para gerar ação, pois são responsáveis por agregar os conteúdos pertinentes das situações. Todavia, o que propicia compreender que um esquema não é um estereótipo é seu último ingrediente: possibilidades de inferências.” (CEDRAN; KIOURANIS 2019, p. 75)

Então nesse sentido ressaltar que as etapas podem estar conectadas com a ideia das possibilidades de inferências, pois elas permitem desenvolver e testar o modelo, fazer os ajustes necessários, comparar com a situação real analisada, discutir as variáveis e os resultados, e caso seja necessário, rever o processo e corrigir os problemas para um melhor entendimento do fenômeno.

Portanto, a modelização é uma estratégia de ensino que permite ao estudante a construção ou a reorganização de esquemas, assim, na medida em que as etapas desse processo são realizadas, os conceitos inerentes à situação real analisada podem começar a ter um significado para o estudante.

Capítulo 3

A FÍSICA DA PROVA DE 100 METROS RASOS

O mundo dos esportes é fascinante. Em geral, todo ser humano acaba de alguma maneira identificando-se com uma modalidade esportiva, não necessariamente se torna um atleta, mas acaba acompanhando algum tipo de evento esportivo. As Olimpíadas mobilizam, praticamente, todas as nações do nosso Planeta, e são hoje, o maior evento esportivo do mundo.

O atletismo é uma das modalidades esportivas mais aguardadas nas competições, tanto nas Olimpíadas quanto nos campeonatos mundiais. O público aguarda com muita expectativa, principalmente a modalidade das corridas de velocidade. Os velocistas são verdadeiros astros e em torno de 10 segundos executam uma das provas mais esperadas pelos espectadores, os 100 metros rasos. São seres humanos que parecem desafiar as leis da natureza ao buscarem cada vez mais a perfeição a cada movimento para executar a prova no menor tempo possível. Então, por que não entendermos um pouco mais sobre atletismo e algumas de suas modalidades, e estudarmos um pouco de Física?

A proposta inicial é justamente observar um evento esportivo e tentar descrever quais as grandezas físicas que são relevantes para o desempenho do atleta. Após essa descrição, o estudante parte para a formulação do modelo, ou seja, tenta representar os dados da descrição. A terceira etapa consiste na utilização de um *software* para testar as suas ideias desenvolvidas na etapa anterior, e perceber o comportamento dos resultados através do uso do programa de modelização. E, finalmente, a fase da validação, onde se faz uma comparação com os aspectos levantados na fase da descrição. Nessa última etapa é necessário verificar se o modelo criado responde às questões elaboradas na descrição. Então o questionamento para o desenvolvimento deste projeto é: como a Física pode ser utilizada para discutir o comportamento de um atleta em uma determinada modalidade esportiva?

Os conceitos abordados na elaboração dessa sequência didática compreendem os assuntos estudados dentro da cinemática e dinâmica. A pergunta inicial apresentada para a discussão foi: Qual é o comportamento da velocidade de um atleta durante uma prova de 100 metros rasos? Para

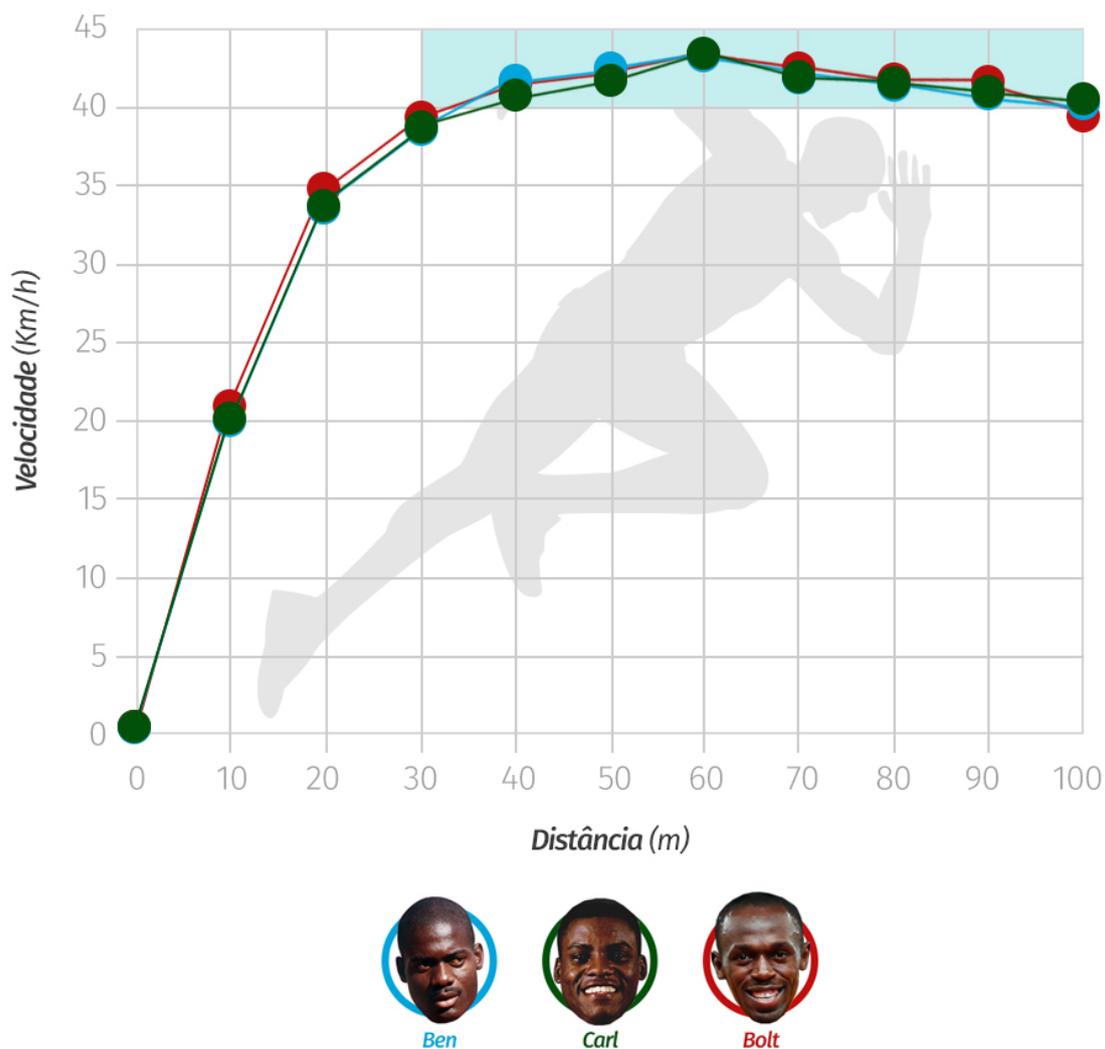
prosseguir com a discussão é necessário analisar com cautela as grandezas físicas que estão envolvidas durante essa corrida. Mas, antes de fazer essa análise é preciso que os estudantes tenham conhecimento das ideias dos autores que serão utilizados no processo de construção de um modelo. Então o professor utilizou um texto que se encontra no apêndice C que discute justamente o papel dos modelos e as etapas que compreendem esse processo segundo dois autores: Hestenes (1987) e Van Buuren (2014).

É importante destacar que para discutir a Física envolvida, ou as grandezas físicas envolvidas, na situação apresentada pelo professor quando ele traz uma situação real para os seus estudantes, alguns conteúdos já haviam sido discutidos durante as aulas: conceitos básicos de cinemática, velocidade, aceleração, movimento uniforme, Leis de Newton, algumas forças, entre outros. Portanto, quando o estudante vai pensar na questão que foi proposta a ele, vai fazer um resgate em sua memória de grandezas que foram discutidas, mas agora pensando num processo de modelização, vai existir um paralelo entre conteúdos que compreendem a cinemática e a dinâmica.

A Física presente na corrida de 100 metros rasos foi explorada através de uma abordagem que compreende as etapas do processo de modelização. O primeiro fato a ser analisado pelos estudantes é justamente as grandezas físicas que permeiam a corrida de 100 metros rasos. Na sequência, discutindo com os estudantes sobre as grandezas físicas que podem ser destacadas durante a prova, desde a largada até a linha de chegada, é necessária uma análise mais criteriosa e que dê suporte para essa discussão de maneira mais qualitativa e quantitativa. Então a discussão através de análises gráficas dá a percepção de que forma o atleta se movimentou ao longo da corrida. Nesse momento é possível através da imagem gráfica discutir conceitos relacionados com os tipos de movimento, tanto o movimento retilíneo uniforme, quanto o movimento retilíneo uniformemente variado, além de discutir a própria linguagem gráfica e tudo que um gráfico permite explorar de propriedades, quando analisamos a relação entre os seus eixos. O uso do gráfico permite discutir o comportamento da velocidade do atleta ao longo da corrida, visualizar o tipo de movimento, perceber se existe aceleração. A figura 2 é um exemplo que pode ser utilizado para debater com os estudantes as grandezas físicas e seus comportamentos, e ainda discutir as etapas presentes dentro de uma prova dos 100 metros rasos,

que devem ser descritas e analisadas na etapa da descrição durante a construção de um modelo para a corrida.

Figura 2 – Gráfico da velocidade x posição de uma corrida de 100 metros rasos.

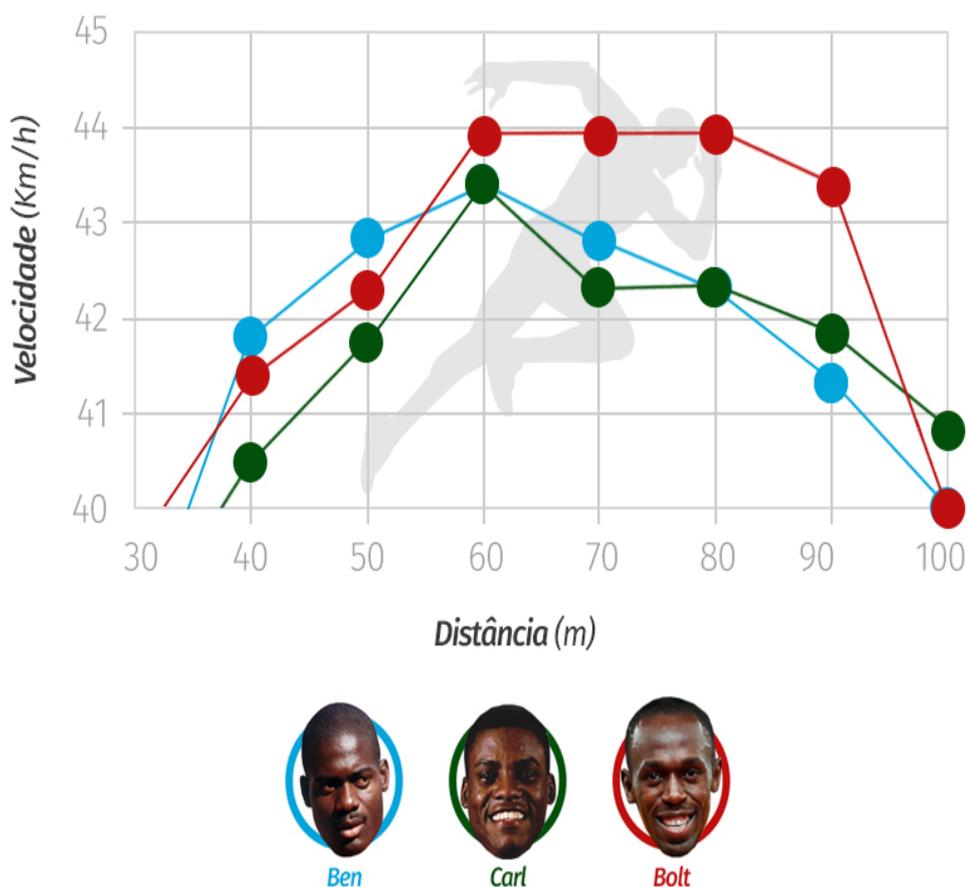


Fonte: Band Esporte - Uol.

Ao analisar a figura 2 é possível perceber, em função da posição, as velocidades de três atletas durante uma corrida de 100 metros rasos. Essa imagem mostra a relação da velocidade x posição entre os três corredores em momentos distintos. Para o entendimento da parte gráfica, que vai auxiliar o processo de construção do modelo, é importante discutir qualitativamente o comportamento da velocidade do atleta ao longo da prova, pois possibilita entender as fases de cada etapa que compõem a descrição da prova.

A figura 3 mostra um recorte desse mesmo gráfico, e através dele, podemos ver de maneira amplificada as diferenças dos comportamentos das velocidades entre os atletas, além de perceber de maneira mais clara o momento em que a velocidade aumenta, se mantém constante ou diminui, e com essa mesma figura é possível discutir os diferentes movimentos que existem na prova.

Figura 3 - Recorte da análise de desempenho em uma prova de 100 metros rasos.

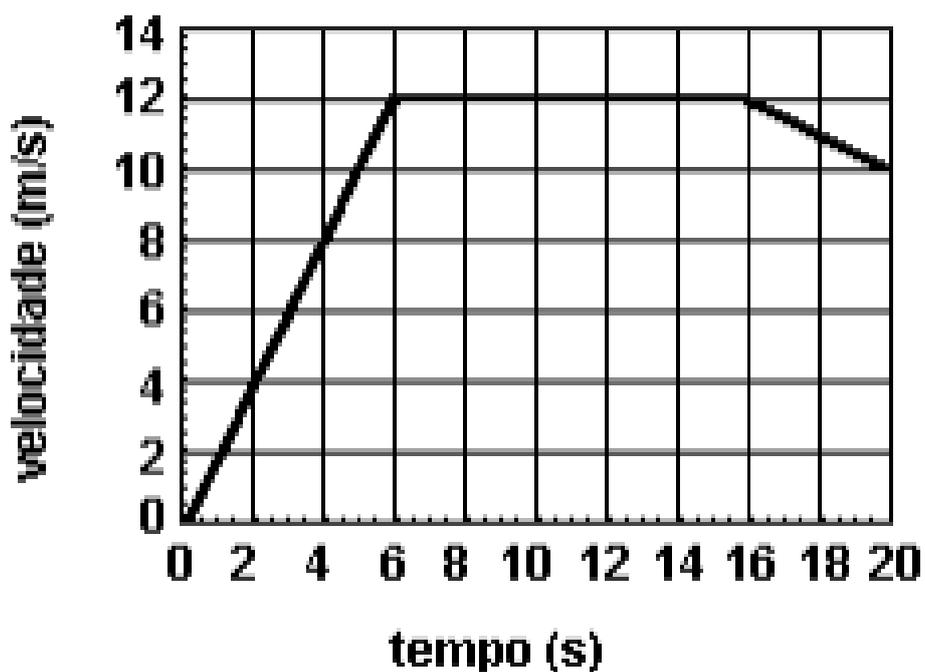


Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Para tornar essa situação real e próxima do que a Física aborda em sala de aula, é necessário utilizar outro gráfico ou construir com os alunos um gráfico que se aproxime dos estudos dos movimentos da cinemática. Logo abaixo, a figura 4 retrata uma ideia das abstrações que são necessárias fazer para que as discussões possam ser feitas no âmbito da sala de aula. Essa figura é uma aproximação da realidade, e podemos perceber a relação entre a velocidade x

tempo durante a corrida, mas agora é possível detectar os movimentos acelerados, retardados e o instante em que a velocidade se mantém constante. Assim, é possível discutir todos os elementos que envolvem o estudo cinemático através da corrida de um atleta e analisar o comportamento dessa velocidade ao longo da prova.

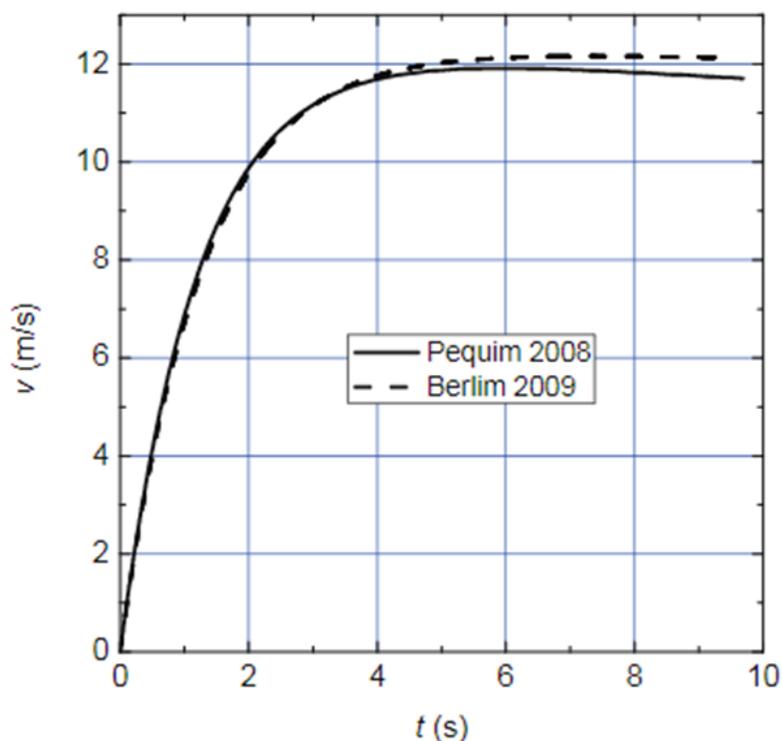
Figura 4 - Gráfico da velocidade x tempo de uma corrida.



Fonte: Questão Unicamp 1997.

E finalmente, após discutir com os estudantes sobre as propriedades gráficas e as grandezas físicas que são importantes analisar neste gráfico, quando as discussões avançarem durante o processo de modelização será possível concluir a construção do modelo para uma corrida de 100 metros rasos utilizando o suporte de um *software*, como é possível observar na figura 5, onde temos um modelo que compara o desempenho do atleta *Usain Bolt* durante corridas de 100 metros rasos.

Figura 5 - Modelo de uma corrida de 100 metros rasos.



Fonte: YAMASHITA, M. T. Revista da Biologia (2014)

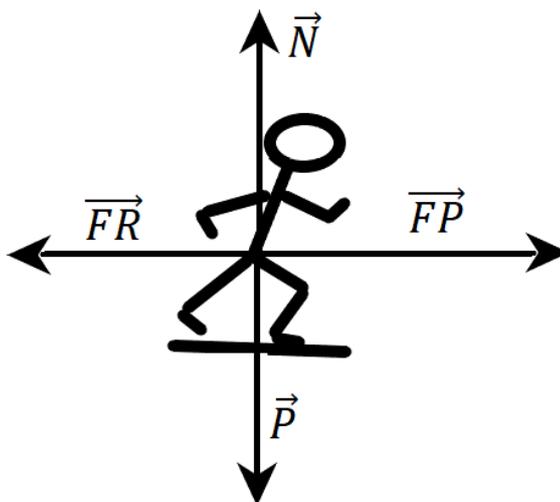
Depois de analisar e discutir as grandezas físicas através de gráficos, é necessário entender as causas que modificam o modo da velocidade deste atleta. Nesse momento, é oportuno apresentar o diagrama de forças, pois é uma ferramenta importante para auxiliar na compreensão das forças que estão atuando sobre o atleta e que são responsáveis pela alteração no comportamento de sua velocidade. O diagrama de corpo livre é um desenho que representa todas as forças externas que agem sobre um ponto material e que auxilia a montagem da equação do movimento para encontrar a incógnita de um determinado problema. Segundo Hestenes (1987 apud SOUZA, 2015, p. 16):

A construção de “diagramas de corpo livre” ajuda os estudantes em suas aprendizagens. Um diagrama desse tipo representa somente as forças sobre um corpo e o ponto onde elas atuam. Deveríamos distinguir de um diagrama de forças que representa forças isoladas. Infelizmente, muitos livros textos falham nisso. Eles desenharam um diagrama de corpo livre completo para algum corpo rígido como um bloco sobre um plano inclinado; então escrevem um monte de equações para um ponto no modelo-partícula do corpo, sem ao menos mencionar que, ao fazer isso, eles ignoram informações sobre o ponto

onde as forças atuam. (HESTENES; 1987, tradução SOUZA; 2015, p. 16)

Ainda de acordo com Hestenes (1987, tradução SOUZA; 2015, p. 16) “um diagrama completo com a cauda do vetor força em um ponto ajuda nas necessidades do estudante para escrever as equações corretas do movimento.” Nesse sentido, ao analisar as forças que atuam no atleta durante a prova de 100 metros, a construção do diagrama de forças e a identificação da função de cada é uma importante atividade antes do estudante construir a equação do movimento do atleta. A figura 6 é uma representação do diagrama de forças da atividade 2, proposta na sequência didática, que se encontra disponível no apêndice B nas atividades aplicadas para construção do processo de modelização.

Figura 6 - Representação das Forças



Fonte: Elaborado pelo autor

O próximo passo na construção desse modelo é justamente elaborar a equação do movimento do atleta, para isso é necessário aplicar as Leis de Newton. Após entender as forças que influenciam no movimento do atleta os estudantes precisam, a partir da Segunda Lei de Newton, escrever uma equação que demonstre o comportamento da velocidade durante a corrida de 100 metros rasos. Então, espera-se que os estudantes construam a equação do movimento para o atleta utilizando o diagrama de forças como um suporte para entender o

comportamento de cada força durante a corrida. A equação (1) abaixo representa a ideia inicial da relação entre as forças que interferem nesse movimento:

$$Fr = FP - FRar \quad (1)$$

Onde Fr é a força resultante, FP a força de propulsão que o atleta exerce e $FRar$ é a força de resistência do ar. A força resultante pode ser substituída pelo produto da massa com a aceleração, ou seja, $Fr = m.a$ e sabendo que a resistência do ar é dada pela expressão $FRar = k.v^2$ podemos escrever a equação (1) da seguinte forma:

$$m.a = FP - k.v^2 \quad (2)$$

Porém é preciso substituir o valor da aceleração por $a = dv/dt$ e parametrizar a equação, dividindo a equação (2) pela massa, de acordo com os dados discutidos no trabalho de Keller (1973). Esses valores serão passados para os estudantes, mas a construção da equação e os parâmetros que cada grupo vai utilizar dependerá de como os grupos irão articular essa discussão e a construção de seus modelos. No *software* a equação do movimento para a visualização dos resultados deve estar definida da seguinte maneira:

$$\frac{dv}{dt} = FP - (k.v^2) \quad (3)$$

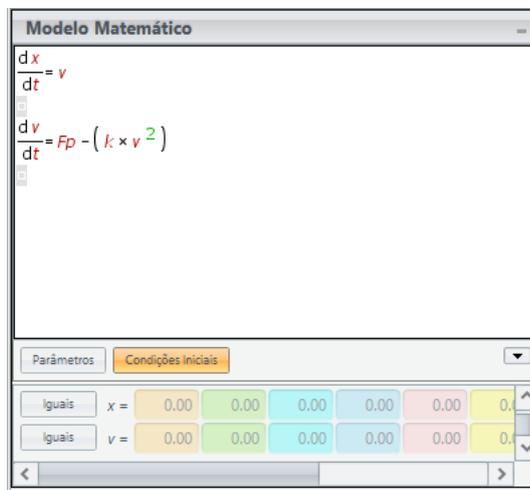
e a equação da velocidade definida do seguinte modo:

$$\frac{dx}{dt} = v \quad (4)$$

Depois de escrever as equações no modelo matemático é necessário ajustar os valores da variável independente, definir os parâmetros e as condições iniciais das grandezas. Após a definição desses valores é só dar o *play* no programa para a visualização da construção do gráfico. A figura 7 demonstra as equações para o movimento do atleta escritas na parte do programa destinado

ao modelo matemático. É possível ver nesta imagem os ícones onde são definidos os valores das condições iniciais e dos parâmetros.

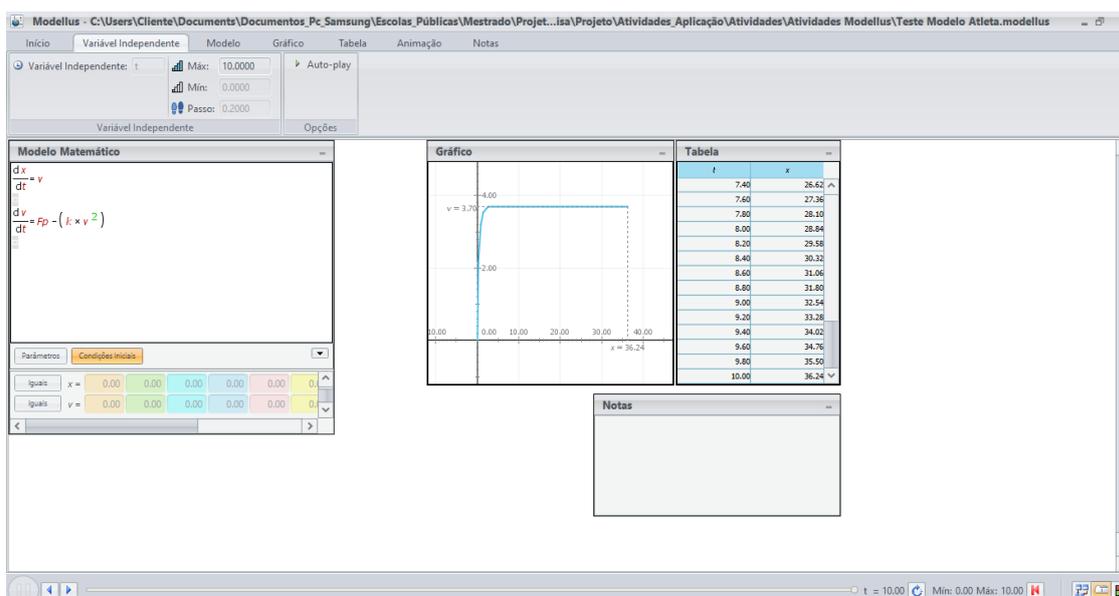
Figura 7 - Representação da Equação no *Software Modellus*



Fonte: Autor, com a utilização do *Software Modellus* (2019)

A última etapa desse processo é testar o modelo. O *software* utilizado foi o *Modellus* que permite escrever as equações, definir os parâmetros e simular os gráficos. A figura 8 mostra a imagem da tela do programa com as equações e o gráfico gerado para o modelo matemático descrito na equação (3) e (4).

Figura 8 - Tela do *Modellus*



Fonte: Autor, com a utilização do *Software Modellus* (2019)

O uso dessa abordagem pretende dar um sentido aquilo que se estuda. Essa estratégia didática busca relacionar o “mundo ideal” que geralmente é abordado nas problemáticas estudadas nos conteúdos de Física de um “mundo real”. Os estudantes devem ser desafiados a refletir sobre estas idealizações e aproximações que são necessárias para buscar a compreensão de alguns conceitos físicos. A modelagem no ensino de Física é uma estratégia didática que pode ressignificar o entendimento de situações que ocorrem cotidianamente, mas que durante as aulas, muitas vezes, acabam sendo tratadas apenas como mais uma equação, onde se substitui os valores e se encontra um resultado.

Capítulo 4

SOFTWARE MODELLUS

O uso de uma ferramenta que possibilite a representação e visualização do que foi descrito durante a elaboração da equação do movimento na etapa da formulação auxilia na construção do processo de modelização. Nesse sentido, o uso de um *software* proporciona explorar essas equações e ideias criadas durante a formulação. O *software* de modelagem computacional que será utilizado é o *Modellus*. Esse *software* permite a exploração de modelos matemáticos e físicos de maneira interativa. Sobre o *software* Heidemann (2012, p. 985) destaca que “O *Modellus* é um *software* multiplataforma gratuito que possibilita a implementação computacional de modelos teóricos através da resolução numérica dos mais diversos tipos de equações”. Veit e Teodoro (2002) também utilizaram essa ferramenta em seus trabalhos no processo de aprendizagem com o uso da modelagem no ensino de Física, e afirmam:

Modellus é uma ferramenta cognitiva para auxiliar a internalização de conhecimento simbólico, preferencialmente em contexto de atividades de grupo e de classe, em que a discussão, a conjetura e o teste de ideias são atividades dominantes, em oposição ao ensino direto por parte do professor. Isto não significa, no entanto, que os estudantes reinventam o conhecimento quando constroem ou exploram modelos com o *Modellus*. De fato, ninguém pode aprender explorando sem conhecimento relevante sobre o campo de exploração. A aquisição de conhecimentos e capacidades não é um processo completamente claro e definido no tempo e no espaço. É demorado, contextual, dependente de estruturas cognitivas e conhecimento prévio. E, essencialmente, é um processo de familiarização com novas ideias e representações (como afirmaram muitos dos mais notáveis criadores científicos, como Newton, Planck, Feynman). (VEIT; TEODORO; 2002, p. 90)

O *Modellus* proporciona ao estudante uma maior autonomia e uma maneira diferente de exercitar as suas ideias sobre um determinado assunto. Através dessa ferramenta o aluno pode explorar seu conhecimento, escrever e reescrever funções e equações matemáticas, visualizá-las através de gráficos, e ainda perceber as animações na tela do computador. O *software* permite que o estudante crie e manipule um modelo. Uma das facilidades de trabalhar com esse programa de modelagem é justamente a sua objetividade, pois não exige nenhum conhecimento mais aprofundado sobre linguagem de programação. O

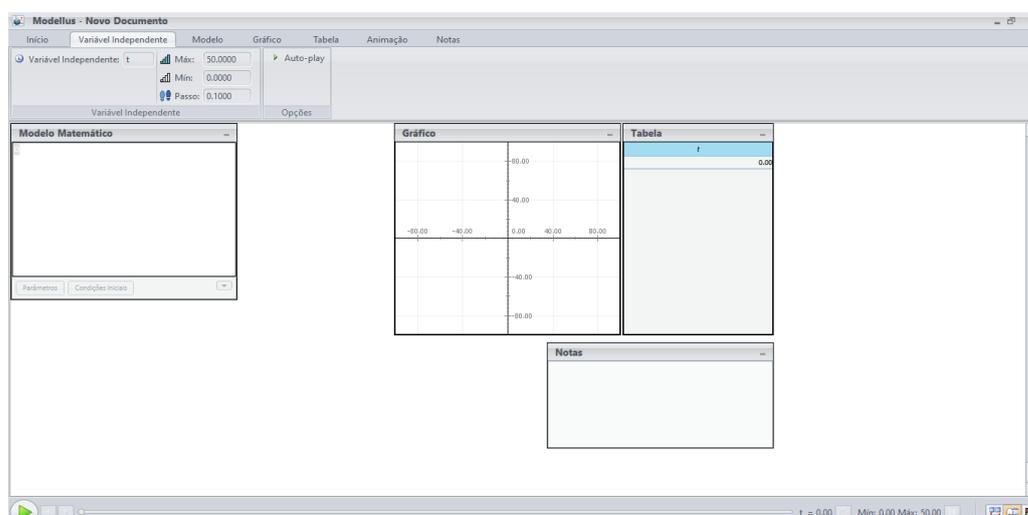
usuário vai escrever suas equações usando o teclado do computador em vez de usar os métodos mais tradicionais, que seriam o lápis e o seu caderno.

No trabalho de Veit e Teodoro (2002) os autores citam várias vantagens sobre o uso do *Modellus*, que são:

- construir e explorar múltiplas representações de modelos;
- analisar a qualidade dos modelos;
- reforçar o pensamento visual, sem memorização dos aspectos de representação formal através de equações e outros processos formais;
- abordar de uma forma integrada os fenômenos naturais, ou simplesmente representações formais;
- trabalhar individualmente e em classe, em que a discussão, a conjectura e o teste de ideias são atividades dominantes;
- ter sua utilização no ensino-aprendizagem de Física como ferramenta extremamente poderosa para o desenvolvimento de competências e habilidades estabelecidas nos PCNEM.

A ferramenta computacional dispensa o conhecimento de linguagem de programação, mesmo assim, é preciso instrumentalizar o estudante, pois é preciso criar uma familiarização com o programa e conhecer os comandos básicos.

Figura 9 - Tela inicial do *Software Modellus*



Fonte: Autor, com a utilização do *Software Modellus* (2019)

A figura 9 mostra a tela inicial do *Software Modellus* com os diferentes campos de interação que o programa permite. Os alunos não estão adaptados a esse *software*, e nesse sentido, o professor deve preparar um tutorial para ensinar instruções técnicas básicas, além de aplicar algumas atividades iniciais para conhecer as principais funções e comandos do programa. O material utilizado para instrumentalizar os estudantes estão disponíveis no apêndice C.

As vantagens do uso da modelização são inúmeras, mas além disso, é importante que o estudante consiga progredir na construção de seus modelos, e principalmente, seja capaz de ter um olhar crítico sobre os seus resultados, para isso é necessário a orientação do professor em discussões sobre a Física presente nessas abstrações.

O *software Modellus* é a ferramenta que contribui para a realização da etapa de validação. Essa é a última etapa do processo, e o momento de comparar os resultados atingidos pelo modelo. Perceber se o comportamento do modelo criado é similar com os aspectos levantados durante a fase de descrição. Nesse instante discutir com os estudantes se o modelo responde às perguntas elaboradas durante a descrição. Se não, quais são os problemas que devem ser solucionados? Onde está o erro? É preciso rever a formulação do modelo?

Por outro lado, se o modelo atende as expectativas levantadas na fase inicial, então é possível aplicar em novas situações? Quais as melhorias que precisam ser feitas para adequar a uma nova situação? É o momento de analisar todo o processo com os alunos. Como afirma Hestenes (1987) “O MODELO É A MENSAGEM”. No fim dessas etapas é que os estudantes devem compreender que uma boa interpretação do problema otimiza todo o processo, e basicamente, garante uma agilidade na resolução do que está sendo proposto. Então o *Modellus* será a ferramenta que dará esse suporte para validar e testar os modelos.

Capítulo 5

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática compreende um planejamento de 14 atividades que estão disponíveis nos planos de aula do apêndice A, incluindo a avaliação final. As aulas possuem uma duração de 45 minutos e para as suas execuções é necessário que a escola possua uma sala de informática, pois algumas atividades serão desenvolvidas utilizando o *software Modellus*. Apresentamos no quadro 1 as atividades realizadas e os materiais utilizados.

Quadro 1- Etapas do Desenvolvimento da Sequência Didática

Atividades	Descrição	Materiais
Atividade 1	Discussão inicial sobre situação real e situação ideal, o papel dos Modelos no Ensino de Física e as Etapas da Modelização.	Uso de texto sobre o Papel dos Modelos e as Etapas da Modelização elaborado pelo autor, disponível no apêndice C.
Atividade 2	Apresentação de uma situação real para que os grupos façam a primeira etapa do processo (descrição da prova).	Uso de vídeo para apresentar uma corrida de 100 metros rasos, disponível no material de apoio no apêndice C e também no plano de aula 2 no apêndice A. Formação dos grupos para descrição da prova.
Atividade 3	Descrição da prova pelos grupos. Caso não satisfaça às condições estabelecidas, a etapa deve ser realizada novamente.	Vídeo disponível em material de apoio sobre os critérios para uma descrição satisfatória no apêndice C.

Atividade 4	Discussão do Gráfico da Velocidade x Posição.	Apresentação em <i>Power Point</i> disponível no material de apoio no apêndice C.
Atividade 5	Montagem do diagrama de forças que atuam no atleta.	Material disponível nas atividades aplicadas para construção do processo de modelização no apêndice B.
Atividade 6	Discussão do diagrama de forças em outras situações.	Material disponível nas atividades aplicadas para construção do processo de modelização no apêndice B.
Atividade 7	Discussão sobre a Força de Resistência do Ar.	Material disponível no material de apoio no apêndice C.
Atividade 8	Formular as equações para cada uma das situações da atividade anterior.	Material disponível nas atividades aplicadas para construção do processo de modelização no apêndice B.
Atividade 9	Apresentação do <i>Modellus</i> através da discussão de um exemplar (queda livre).	Computadores da sala de informática e material disponível nas atividades aplicadas para construção do processo de modelização no apêndice B e no material de apoio nos <i>slides</i> disponíveis no apêndice C.
Atividade 10	Testando o <i>software Modellus</i> , os grupos vão utilizar o <i>software Modellus</i> para testar as equações, já usando a etapa 3 do processo de modelização, ou seja, ramificando a situação de queda livre, utilizando a	Atividade desenvolvida na sala de informática e material disponível nas atividades aplicadas para construção do processo de modelização no apêndice B.

	presença do ar na descrição do movimento.	
Atividade 11	Construção e implementação do modelo do grupo para a corrida de 100 metros rasos.	Atividade desenvolvida na sala de informática com uso do <i>software Modellus</i> . Material disponível no apêndice B.
Atividade 12	Discussão com a turma sobre o processo de modelização construído pelo grupo e dos resultados encontrados.	Uso do texto de apoio da primeira aula para discutir os resultados encontrados pelos grupos na construção do modelo e para verificar o entendimento do processo de modelização. Material disponível no apêndice C.
Atividade 13	Resolução de situações problemas utilizando o processo de modelização.	Lista de exercícios disponível no apêndice B.
Atividade 14	Avaliação Final	Disponível no apêndice D.

Fonte: Elaborado pelo autor

Atividade 1 - Introdução da proposta sobre os processos para construção de um modelo. (1 hora-aula)

A primeira aula desenvolvida foi uma introdução do assunto sobre o papel dos modelos no ensino de Física e as etapas da modelização de acordo com os autores Hestenes (1987) e Van Buuren (2014). Para fomentar a discussão foi elaborado um texto sobre o papel dos modelos e a modelização no entendimento dos fenômenos. A ideia inicial foi ambientar os estudantes sobre os conceitos de modelo, processos de modelização, apresentar os autores que discutem sobre esta metodologia, prepará-los para as etapas que serão necessárias desenvolver para construir um modelo. Essa discussão inicial também faz um alerta para as abstrações que são necessárias ter para que seja possível tornar um problema real em tratável. Nesse sentido, o professor deve destacar o papel dos modelos na construção do conhecimento físico, fazendo

uma relação entre a complexidade que os fenômenos podem apresentar na sua realidade e as abstrações que são necessárias fazer para entendermos os aspectos que são relevantes quando se estuda um determinado fenômeno.

O plano da aula está disponível no apêndice A e o texto utilizado está no apêndice C.

Atividade 2 - Introdução da Primeira Etapa dos Processos de Modelização - Descrição de uma prova de 100 metros rasos. (1 hora-aula)

O segundo encontro começou com apresentação de uma situação real, no caso, a corrida de 100 metros rasos. Para que todos tivessem conhecimento do fenômeno que seria abordado, o professor utilizou dois vídeos do *YouTube* que se encontram nos *links*: <https://www.youtube.com/watch?v=luckP-gcMPw> e <https://www.youtube.com/watch?v=EEyEyCAWpq0>.

Para fomentar a discussão sobre os vídeos o professor trouxe o seguinte questionamento: “qual o comportamento da velocidade de um atleta durante uma prova de 100 metros rasos?”. Essa questão é o ponto de partida para apresentar a necessidade de observar mais detalhes do fenômeno para começar o processo de construção de um modelo. Nesse momento, o professor deve mencionar o texto lido na aula anterior para chamar a atenção sobre a necessidade de uma descrição detalhada da prova, a fim de obter um maior entendimento do comportamento da velocidade dos atletas durante a prova.

Ao final dessa aula, o professor deve solicitar que a turma se organize em grupos de no máximo 3 alunos para começar a primeira etapa da modelização. Cada grupo vai descrever as etapas de uma corrida de 100 metros rasos com detalhes sobre as grandezas pertinentes e seus comportamentos da largada até a linha de chegada.

Atividade 3 - Descrição de uma prova de 100 metros rasos. (4 horas-aula)

Nos grupos, os estudantes discutiram sobre as grandezas relevantes para entender o comportamento da velocidade do atleta ao longo da corrida. Nesse momento deve ser apontado que:

- (a) Os grupos façam a sua descrição para uma posterior apresentação;

(b) O professor utilizará os critérios apresentados abaixo para considerar a descrição satisfatória ou não satisfatória:

- Descrever o momento inicial da prova; qual o comportamento da velocidade neste momento;
- Existe um impulso inicial, reação ao disparo e o atleta começa a se mover, então novamente o comportamento da velocidade vai ser alterado;
- O comportamento das forças que dificultam o movimento do atleta e o comportamento da força que impulsiona o atleta para frente;
- Descrever sobre a mudança de postura do atleta, começa a corrida abaixado até ficar totalmente de pé;
- Descrever se há um momento em que o comportamento da velocidade atinge um nível máximo ou se mantém inalterado;
- Perceber que em alguns casos existe um “relaxamento” no final da prova e conseqüentemente uma desaceleração dos atletas.

(c) Se os aspectos apresentados acima não estiverem compreendidos dentro da descrição, os grupos terão que refazer essa atividade.

Para finalizar esta atividade o professor complementou a aula usando um vídeo do programa Globo Esporte que traz a corrida de 100 metros rasos dividida em etapas, o vídeo se encontra disponível no *YouTube* no *link*: <https://www.youtube.com/watch?v=0olo6dtimfs>.

Atividade 4 - Discussão do Gráfico da Velocidade x Posição. (3 horas- aula)

Esse momento teve como objetivo detalhar as grandezas que são relevantes para a construção de um modelo para a corrida de 100 metros rasos e perceber a importância das grandezas cinemáticas na análise desse movimento, através da discussão gráfica. Com apresentação do gráfico da velocidade x posição o professor discutiu com os grupos a mudança de comportamento da velocidade durante as diferentes etapas da corrida, e detalhou cada uma dessas etapas utilizando o suporte do gráfico, que se encontra anexado ao material de apoio disponível no apêndice C. O suporte gráfico permite uma discussão quantitativa e qualitativa do comportamento da

velocidade durante a prova. O gráfico permitiu também a discussão dos diferentes tipos de movimentos, ao perceber as mudanças de comportamento de velocidade foi possível associar ao movimento uniforme e movimento uniformemente variado, a discussão das propriedades gráficas e o que representa a inclinação da reta. Além de discutir as grandezas físicas relevantes nesse processo, que são fundamentais para a etapa da formulação. O professor discutiu com a turma alguns exercícios que fortalecem alguns conceitos estudados na cinemática e que também foram discutidos durante o estudo desse gráfico ao analisar uma prova de 100 metros rasos.

Para finalizar a atividade, após a discussão e resolução de alguns exercícios, o professor discutiu as causas que provocam a alteração dos valores da velocidade. Uma breve discussão para que os grupos percebam as forças que atuam nos atletas e que é necessário avaliar com cuidado a atuação de cada força no movimento do atleta. Portanto, é muito importante a aplicação da próxima atividade que abordará o diagrama de forças.

Atividade 5 – Diagrama de Forças. (2 horas-aula)

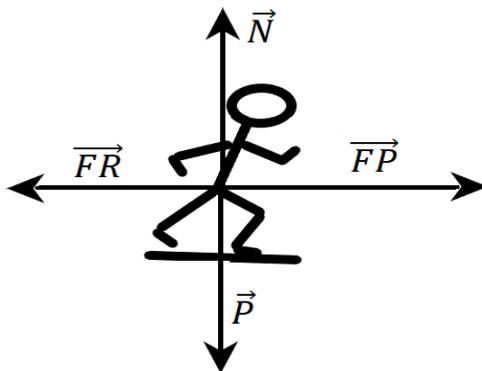
A construção do diagrama de forças é uma importante atividade na construção de um modelo, pois os estudantes podem através do diagrama de forças ter uma maior clareza das forças que estão atuando sobre o objeto descrito e a partir deste ter maior precisão no momento de definir a equação que explica o movimento desse objeto. A atividade de construção do diagrama de forças tem por objetivo:

- Identificar as forças que atuam no objeto;
- Rotular cada uma dessas forças e descrever a sua função;
- Procurar representar de maneira correta a forma de desenhar um vetor no diagrama e o ponto de aplicação correto onde ocorre essa força;
- Selecionar as forças relevantes para a construção da equação do movimento do atleta;
- Auxiliar o estudante na percepção das forças relevantes para o movimento e posterior construção do seu modelo.

Na figura 10 temos a distribuição das forças que atuam sobre o atleta, onde \vec{N} é a força normal, \vec{P} é a força peso, $\vec{F_P}$ é a força de atrito que impulsiona

o atleta para frente e \vec{FR} é a força de resistência do ar. Para a construção do modelo vamos considerar a força de atrito e a força de resistência do ar, pois a normal e o peso se anulam. Essa figura 10 ilustra o que o professor espera que os estudantes construam após as discussões em seus grupos.

Figura 10 - Representação das Forças



Fonte: Elaborada pelo autor

A atividade sobre o diagrama de forças encontra-se disponível no apêndice B.

Atividade 6 – Diagrama de Forças em outras Situações. (2 horas-aula)

A atividade encontra-se disponível no apêndice B. O principal objetivo é diversificar as situações problemas para que os estudantes possam exercitar a construção do diagrama de forças. Os grupos vão discutir cada situação apresentada e construir o diagrama de forças, rotulando as forças, indicando a direção e o sentido. Além disso, o grupo deve explicar a função de cada força. Após a discussão e resolução dos exercícios em seus grupos, o professor fará uma argumentação sobre cada situação, interrogando os grupos de maneira aleatória para que façam a apresentação daquilo que construíram, e fará os contrapontos quando necessário sobre os resultados apresentados pelos grupos.

Atividade 7 – Aula sobre a Força de Resistência do Ar (2 horas-aula)

Antes de avançar para a próxima atividade, foi necessário uma aula para a explanação sobre a força de resistência do ar, pois quando o professor discutiu as forças no primeiro trimestre, antes de começar este projeto, não havia discutido essa força, e como os estudantes a citaram durante a elaboração de seus diagramas, e na verdade, já era esperado que ela fosse aparecer, foi indispensável apresentar os elementos que interferem na força de resistência do ar e de que forma essa acaba agindo quando atua sobre os objetos.

Os objetivos propostos pelo professor para essa aula foram os seguintes:

- Discutir a atuação da força de resistência do ar nos movimentos;
- Analisar os fatores que afetam a intensidade da força de resistência do ar;
- Determinar a equação da força de resistência do ar;
- Definir a velocidade limite de um corpo em queda.

Para iniciar a discussão o professor trouxe alguns questionamentos com intuito de gerar um pequeno debate entre os estudantes. As questões foram as seguintes:

1. Quais os elementos que interferem na intensidade da força de resistência do ar?
2. Qual o comportamento da força de resistência do ar durante um movimento?
3. A força de resistência do ar somente atrapalha os movimentos? Essa força é útil em nosso cotidiano?

Após a breve discussão dessas perguntas, o professor introduziu o conceito da força de resistência do ar e debateu o comportamento dela em um movimento através do exemplo do salto de um paraquedista. O debate foi importante para mostrar o comportamento das forças durante o salto, os tipos de movimento, o comportamento das grandezas velocidade e aceleração, e principalmente a relação entre o comportamento da velocidade com a força de

resistência do ar em diferentes momentos que ocorrem no percurso de um salto de paraquedas. Em seguida o professor discutiu com a turma os elementos que influenciam na força de resistência do ar, demonstrou a equação, exemplos de objetos e seus respectivos coeficientes de arrasto aerodinâmico e concluiu a aula falando sobre a velocidade limite.

O material elaborado pelo professor em *power point* e utilizado nesta aula encontra-se disponível no apêndice C.

Atividade 8 – Exercício para Escrever a Equação do Movimento. (1 hora-aula)

A atividade elaborada para escrever a equação do movimento encontra-se disponível no apêndice B. Essa atividade complementa a primeira etapa de construção do modelo, pois após os estudantes elaborarem o diagrama de forças e explicar a função delas na atividade 6, os grupos devem pensar sobre as forças que são relevantes para que o movimento do objeto aconteça ao escrever a equação do movimento para cada um daqueles casos discutidos durante a atividade 6.

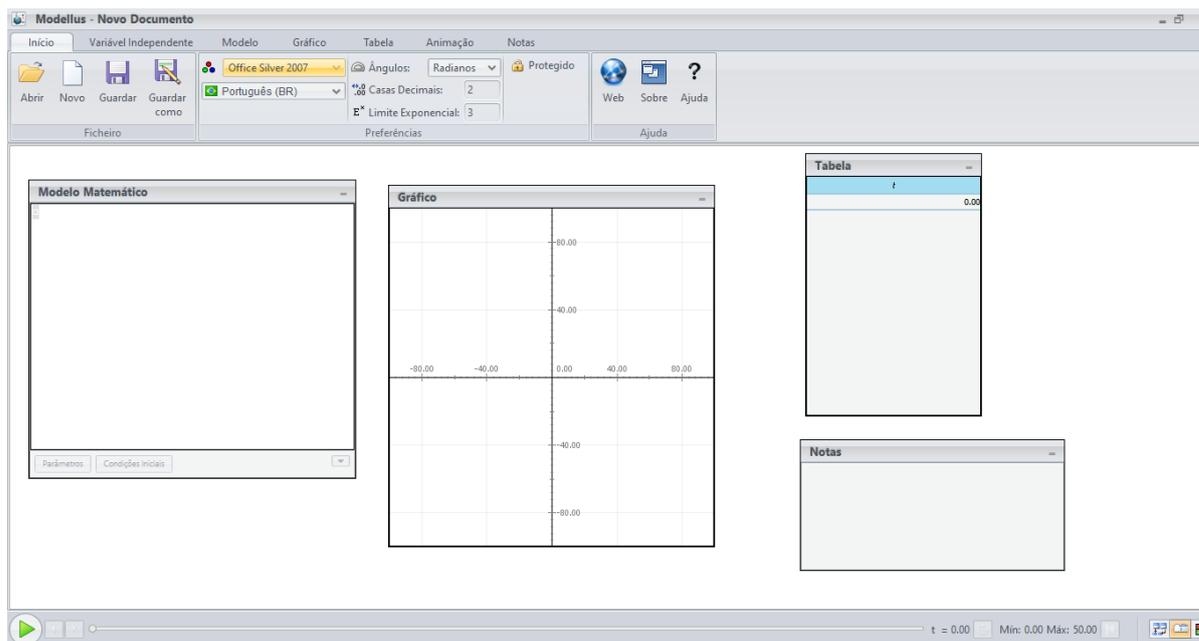
O professor discutiu e resolveu junto com a turma o item A, a figura do homem que empurrava uma caixa. Durante a resolução desse exercício o professor recordou com a turma as equações da força de atrito, força normal, e a equação da Segunda Lei de Newton. Um estudante conseguiu deduzir a equação. O professor finalizou a explicação do exemplo e os grupos começaram a debater sobre os próximos exercícios. O professor, em vários momentos, mediou as dúvidas dos grupos que trabalharam na resolução dos exercícios durante toda aula.

Atividade 9 – Apresentação do Software *Modellus*. (2 horas-aula)

O *software Modellus* é uma importante ferramenta didática nesse processo de construção de um modelo. Além de ser gratuito, não exige um conhecimento avançado em linguagem de programação. Pode ser utilizado tanto nas disciplinas de Física e matemática, como em áreas afins. As principais funções do *Modellus* são:

- realizar cálculos numéricos baseados em equações e dados especificados pelo usuário;
- apresentar os resultados na forma de gráficos e tabelas;
- mostrar as animações do objeto de estudo;
- fazer medidas de distâncias e ângulos sobre uma imagem.

Figura 11 - Página Inicial do *Software Modellus*

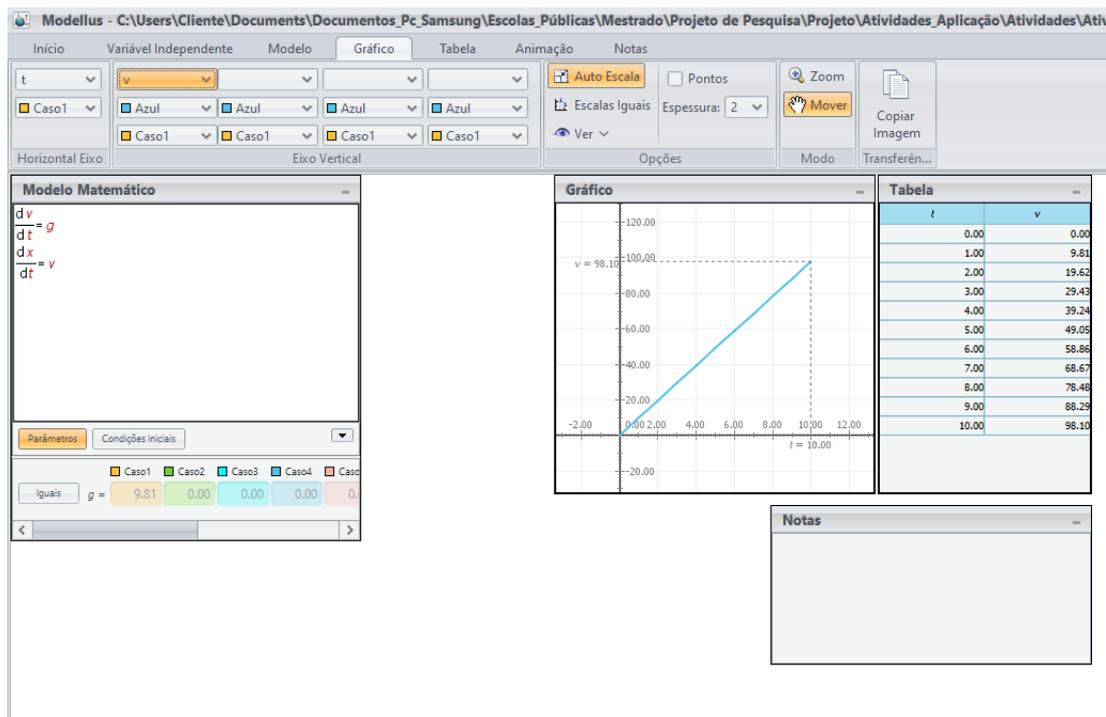


Fonte: Autor, com a utilização do *Software Modellus* (2019)

A figura 11 mostra a tela inicial do programa com as guias que permitem as interações. Nessa figura podemos visualizar 4 janelas principais; a janela do “Modelo Matemático”, para escrever as equações matemáticas do modelo, nesse caso, a equação do movimento; ao lado temos a janela “Gráfico” onde serão plotados os gráficos do modelo; uma janela chamada de “Tabela” com os valores dos eixos x e y que são representados no gráfico, e a última janela de “Notas” que permite fazer anotações e observações sobre o modelo. Na parte de baixo da figura é possível visualizar o botão (seta verde) que controla a variável independente e na parte de cima, ficam os ícones que possibilitam interagir e configurar as propriedades da variável independente, modelo, gráfico, tabela, animação e notas.

Essa atividade tem como objetivo instrumentalizar os estudantes e explicar as principais funções do *software*. O *Modellus* permite que o estudante seja protagonista nas ações de interação e aplicação do processo de ensino-aprendizagem. Para ser mais dinâmico, esse processo de conhecer o programa, o professor utilizou o exemplo de um corpo em queda livre para escrever a equação e fazer o gráfico.

Figura 12 - Modelo para Queda livre sem a resistência do ar



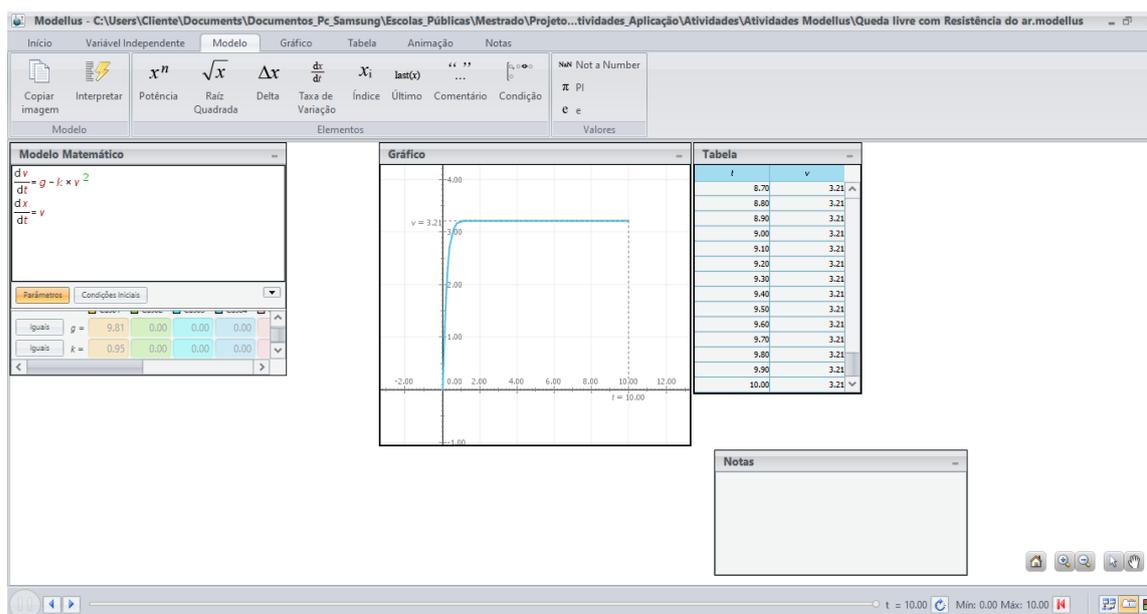
Fonte: Autor, com a utilização do *Software Modellus* (2019)

A figura 12 apresenta a equação do modelo utilizado para instrumentalizar os grupos e ao lado o gráfico da velocidade x tempo. Antes do professor mostrar o exemplo, cada grupo escreveu a sua equação, pois esse exercício já havia sido construído no papel durante a atividade 8. Agora os estudantes verificaram se a equação desse movimento estava correta. Após essa interação inicial, o professor apresentou os resultados e através do exemplo construiu e discutiu os gráficos ($v \times t$, $g \times t$, $s \times t$ e $s \times v$), comportamento da velocidade, tipo de movimento. Os materiais elaborados para essa atividade aplicada para construção do processo de modelização estão no apêndice B e no material de apoio nos *slides* disponíveis no apêndice C.

Atividade 10 – Testando o *Software Modellus*. (2 horas-aula)

Esta atividade foi desenvolvida para que os grupos possam se apropriar das peculiaridades e exercitar o uso do *software Modellus*. O intuito é construir um novo modelo para um objeto em queda livre, mas agora considerando a força de resistência do ar. Os estudantes, dentro de seus grupos, tiveram mais autonomia para escrever a equação de seu modelo e fazer o teste de verificação. O professor fez observações e tirou dúvidas, somente quando solicitado. Além de escreverem a equação, construírem os gráficos, os grupos discutiram as diferenças observadas no comportamento da velocidade entre o modelo descrito, considerando a força de resistência do ar, com a atividade anterior, onde não havia a presença do ar.

Figura 13 - Modelo de uma Queda Livre com a Força de Resistência do Ar



Fonte: Autor, com a utilização do *Software Modellus* (2019)

Na figura 13, temos o exemplo da equação do movimento de um objeto em queda livre considerando a presença do ar e o gráfico gerado a partir dessa equação. Durante essa atividade é importante que os grupos consigam produzir os seus modelos e entender os resultados quando forem comparar as atividades. No final da atividade o professor discutiu os resultados encontrados, as diferenças entre o comportamento da velocidade, pois essa atividade é para

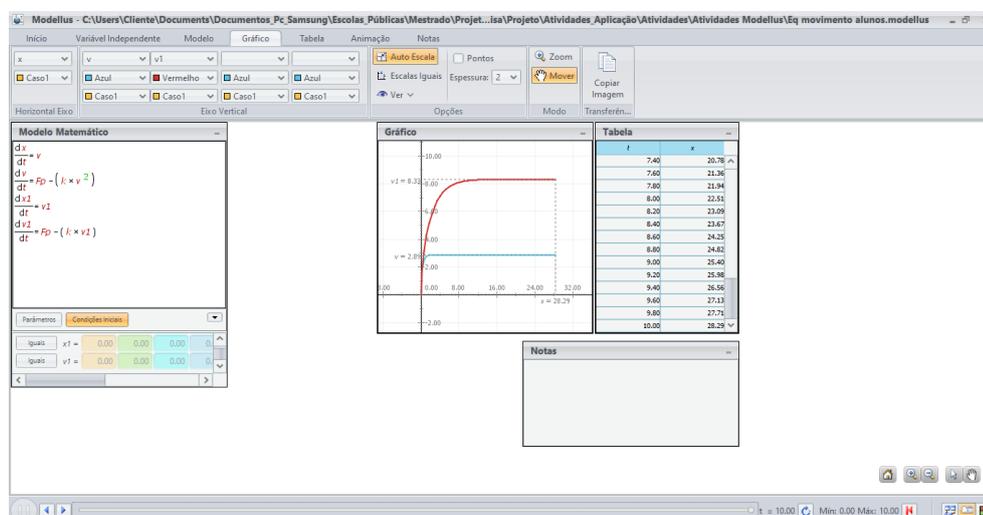
facilitar a retomada da discussão sobre a corrida de 100 metros rasos. Será que os estudantes vão considerar a presença do ar no movimento dos atletas?

O material está disponível nas atividades aplicadas para construção do processo de modelização no apêndice B.

Atividade 11 – Construção do Modelo para a Corrida de 100 metros rasos e Implementação no *Software Modellus*. (1 hora-aula)

Os grupos desenvolveram durante esta atividade o seu modelo para a corrida de 100 metros rasos. É importante ressaltar que o professor fez uma abordagem inicial de todo o processo percorrido até chegar o momento de criar o modelo, fazer os testes e a posterior validação. Nessa retomada do objetivo de investigar o comportamento da velocidade do atleta e das etapas da modelização que foram necessárias ultrapassar, os conteúdos da Física que permeiam toda essa discussão foram destacados novamente nesse momento.

Figura 14 - Modelo para a Corrida de 100 metros rasos



Fonte: Estudantes, com a utilização do *Software Modellus* (2019)

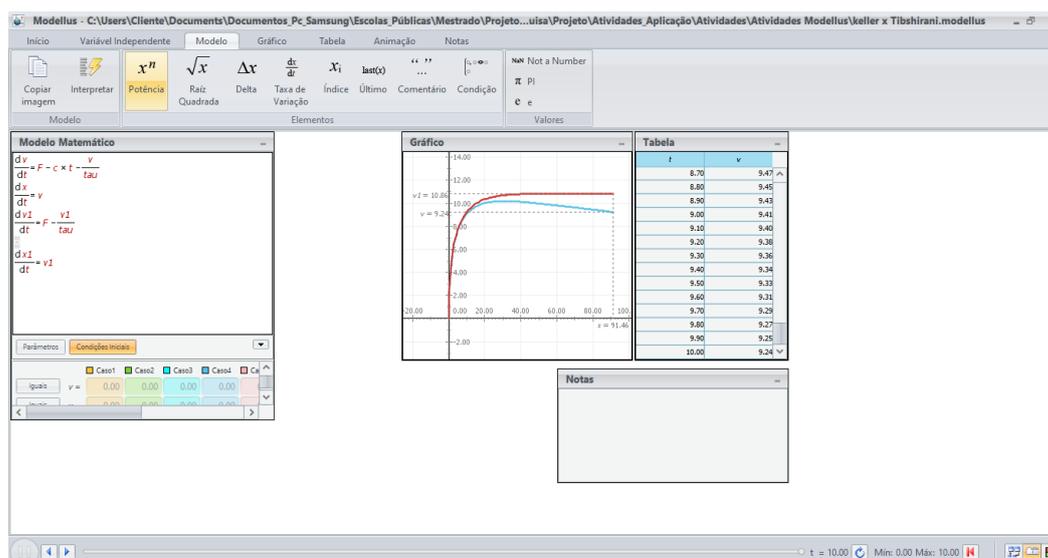
O protagonismo e a autonomia na criação do modelo são de cada grupo. As dúvidas no decorrer desta etapa foram mais frequentes. A figura 14 demonstra o modelo produzido por um grupo de estudantes para a corrida de 100 metros rasos para duas situações: sem a força de resistência do ar e com a força de resistência do ar. Esse modelo possui uma proximidade com as

situações discutidas em sala de aula. O material encontra-se disponível no apêndice B.

Atividade 12 – Discussão dos Resultados. (2 horas-aula)

Neste momento foram discutidos os resultados encontrados pelos grupos durante a construção de seus modelos para uma corrida de 100 metros rasos. O professor retomou todas as etapas do processo de modelização, destacando a importância de cada atividade no processo de elaboração do modelo e do protagonismo dos estudantes durante essa abordagem desenvolvida. O texto sobre o papel dos modelos e a modelização no entendimento dos fenômenos foi utilizado novamente para auxiliar na discussão, e encontra-se disponível no apêndice C.

Figura 15 - Modelo para a corrida de 100 metros rasos de Keller x Tibshirani



Fonte: Autor, com a utilização do *Software Modélus* (2019)

A figura 15 mostra os modelos de dois pesquisadores cujos trabalhos foram utilizados como base de estudo pelo professor para discutir os resultados dos modelos elaborados pelos estudantes. Keller (1973) e Tibshirani (1997) construíram equações para analisar o desempenho dos atletas durante uma corrida de 100 metros rasos. Keller (1973) considerou a força aplicada pelo atleta ao longo de uma corrida como sendo máxima e constante, e Tibshirani (1997) em estudos mais recentes, construiu uma equação que considera a força aplicada pelo atleta como variável. Esse segundo modelo é muito próximo do

que ocorre na realidade ao longo de uma corrida de 100 metros rasos, o que torna esses dois modelos exemplos interessantes na discussão dos resultados construídos pelos estudantes. Além desses modelos considerarem a diferença entre as forças aplicadas, os estudos desses cientistas forneceram os parâmetros para testar nos modelos elaborados pelos grupos. A discussão e a análise gráfica com o suporte dessas equações, possibilita uma aproximação dos movimentos e das grandezas físicas discutidas no estudo da cinemática e dinâmica.

Atividade 13 – Resolução de Situações-problema. (2 horas-aula)

Uma lista de exercícios elaborada pelo professor, porém, adaptada para que o estudante utilize uma abordagem que remeta ao processo de construção de um modelo. Essa atividade tem como objetivo usar problemas tradicionais discutidos nas aulas de Física, que foram adaptados para que possam ser discutidos utilizando etapas do processo de modelização. Além disso, observar se os estudantes conseguem transpor a ideia dessa abordagem estudada para situações-problema que são corriqueiros nas aulas de Física.

As situações-problema são exercícios que o professor adaptou para que no decorrer da resolução o estudante tenha a possibilidade de utilizar as seguintes estratégias:

- Descrição da situação-problema;
- Representação das forças que atuam no sistema;
- Definição da equação que descreve o movimento do fenômeno;
- Determinar as grandezas físicas relevantes para o fenômeno descrito na situação-problema (aceleração, diferentes velocidades, forças, entre outros).

A atividade encontra-se disponível no apêndice B, nas atividades aplicadas para a construção do processo de modelização.

Atividade 14 – Avaliação Final. (1 hora-aula)

Aplicação de uma avaliação final para verificar individualmente o que cada estudante conseguiu absorver dessa abordagem utilizando os processos de modelização. A avaliação encontra-se disponível no apêndice D.

Nesta atividade o professor procurou construir um exercício adaptado em que o estudante fosse utilizar algumas das etapas desenvolvidas no processo de modelização para elaborar a resolução da situação-problema. Outro exercício em que uma situação real é apresentada e o estudante é desafiado a pensar sobre a construção de um modelo. A intenção avaliativa dessas questões, é retomar o que foi construído e aprendido durante as aulas para chegar no modelo para o atleta durante a corrida. Na avaliação a situação apresentada é uma prova de natação de 50 metros livre. Uma questão exige que o estudante faça a descrição dessa prova para remeter ao processo inicial da construção de um modelo. Então como que cada estudante vai enfrentar esse desafio? Será que eles vão conseguir transpor os conceitos estudados sobre o processo de modelização para essa nova situação? O objetivo da atividade é justamente avaliar se os estudantes conseguem resolver situações da Física através dessa nova abordagem.

Capítulo 6

METODOLOGIA

O projeto foi aplicado em um colégio particular de Ensino Médio. Os dados foram coletados em uma turma de primeiro ano, com alunos na faixa etária entre 14 e 19 anos. A escola está situada no Bairro Serraria, no loteamento Jardim Zanellato, no município de São José, que faz parte da região metropolitana de Florianópolis, no Estado de Santa Catarina. O colégio faz parte de uma rede de escolas que atua com uma proposta social, sendo todos os estudantes bolsistas integrais, que moram em regiões de vulnerabilidade social. A rede de escolas que pertence a esse grupo, atua na promoção e defesa dos direitos das infâncias e juventudes, e a educação é uma dessas áreas. O colégio faz parte das 23 unidades sociais do grupo e que ofertam a crianças e jovens uma educação integral e diversos projetos que fazem parte da Jornada Ampliada (oficinas de teatro, esportes, rádio e televisão, artes visuais, laboratório científico, dança, música, entre outros). O intuito é promover e possibilitar a essas crianças e adolescentes a valorização do ser humano, criar vínculos, desenvolver o protagonismo social, incentivar a participação das famílias e da comunidade em geral e promover a cidadania.

A Escola de São José atende aproximadamente 1.000 estudantes e seu funcionamento se dá nos três períodos; manhã, tarde e noite. Oferta do Ensino Fundamental I ao Ensino Médio, para crianças e adolescentes entre 6 e 21 anos, sendo que 80% possuem uma renda familiar de até um salário mínimo per capita. A estrutura física do Colégio conta com 10 salas de aula, todas equipadas com um computador de mesa, projetor audiovisual e caixa amplificadora de som. Possui uma sala de informática, uma sala onde funciona o laboratório de criação visual, sala de dança, sala de música, sala multiuso (com lousa digital), ginásio de esportes, biblioteca, sala da rádio-escola e laboratório científico.

O Ensino Médio funciona no período noturno. Composto por dez turmas, divididas em: 4 turmas de primeiro ano, 3 turmas de segundo ano e 3 turmas de terceiro ano. As disciplinas são divididas por área de conhecimento, e cada área possui um professor articulador, sendo que esse mesmo formato acontece nos demais segmentos, anos iniciais (Fundamental I) e nos anos finais (Fundamental

II). Toda terça-feira na parte da tarde, ocorre uma reunião de área no segmento do Ensino Médio para alinhar, discutir e pensar nos projetos que estão sendo desenvolvidos. Esse formato de metodologia está sendo adotado na Escola, aproximadamente, há quatro anos. Começou no Ensino Médio e depois evoluiu para os anos finais (6º ao 9º ano) e nesse último ano, para os anos iniciais (1º ao 5º ano).

A aplicação do projeto teve início no mês de julho e se estendeu até o mês de novembro. A turma de primeiro ano do ensino médio na qual o projeto foi desenvolvido, inicialmente possuía 28 estudantes. Desses, um solicitou transferência e outros três, acabaram se evadindo. Assim, a turma finalizou o processo com a participação efetiva de 24 estudantes.

Durante as aulas os estudantes realizaram atividades que exploraram a construção/interpretação de gráficos, resolução de problemas abertos com a justificativa para os procedimentos adotados e a apresentação de ideias e concepções sobre o processo de modelização e suas etapas. Todas as aulas foram gravadas em vídeo, que foram utilizados para a descrição do andamento das aulas. Ao final os estudantes realizaram uma avaliação composta de quatro questões que abordaram aspectos discutidos na sequência, relacionados às leis de Newton e ao processo de modelização. Apesar do volume de dados coletados, neste trabalho serão apresentados somente a análise e discussão da avaliação realizada ao final da sequência.

A avaliação final, como já mencionada, foi elaborada com quatro questões com o objetivo de identificar a presença dos aspectos que constituem uma abordagem que usa os elementos das etapas da modelização para a sua resolução. O instrumental avaliativo foi construído para contemplar a análise de dois aspectos discutidos durante as atividades realizadas em sala de aula: as aplicações das leis de Newton e o processo de modelização para a resolução no desenvolvimento de situações-problemas. A primeira questão é adaptada de um problema tradicional para proporcionar na sua resolução uma abordagem que utilizasse os elementos da modelização e as outras três questões associadas a uma situação real que resgata na sua resolução as etapas da modelização para a construção de um modelo. É importante salientar que a avaliação teve a duração de uma hora-aula (45 minutos).

A metodologia empregada na análise dos dados foi qualitativa, do tipo exploratória e experimental que se propõe a identificar as principais relações e características do fenômeno estudado, que nesse caso está relacionado ao uso da modelização para o ensino de conceitos que envolvem a cinemática e parte da dinâmica no Ensino Médio. Algumas categorias serão apresentadas *a priori*, como por exemplo, critérios para a análise das respostas, e outros serão elencados a partir das respostas dos estudantes.

O uso de uma abordagem qualitativa é justificável pois permite ao pesquisador investigar "a forma como as pessoas constroem o mundo a sua volta, o que estão fazendo, e o que está lhes acontecendo (...)" (FLICK, 2009, p.8).

Denzin e Lincoln (2005, p.3) ainda argumentam que a abordagem qualitativa: "(...) é uma atividade situada que posiciona o observador no mundo. Ela consiste em um conjunto de práticas interpretativas e materiais que tornam o mundo visível. Essas práticas transformam o mundo, fazendo dele uma série de representações, incluindo notas de campo, entrevistas, conversas, fotografias, gravações e anotações pessoais. (...) Isso significa que os pesquisadores desse campo estudam as coisas em seus contextos naturais, tentando entender ou interpretar os fenômenos em termo dos sentidos que as pessoas lhes atribuem."

Através desse tipo de análise poderemos ter acesso às experiências, interações e documentos em seus contextos naturais, desenvolver hipóteses e conceitos, além de refinamentos no processo de pesquisa.

Para a análise das respostas inicialmente elencaram-se os elementos que deveriam estar presentes. Com base nas transcrições das respostas dos estudantes, cujos aspectos encontram-se no apêndice F, a princípio optou-se por categorizar as respostas em: satisfatórias, parcialmente satisfatórias e não satisfatórias.

A resposta foi considerada satisfatória, quando possuía todos os elementos considerados pertinentes para o item. Caso alguns dos itens elencados estivessem presentes, a resposta era considerada parcialmente satisfatória. Já uma resposta não satisfatória foi caracterizada pela inexistência dos elementos. Na análise dos problemas numéricos, foi considerado a resolução apresentada e os equívocos realizados.

No quadro 2 apresentamos os aspectos necessários para uma resposta ser considerada satisfatória em cada uma das questões da avaliação final ao fazermos a análise e discussão dos resultados.

Quadro 2- Aspectos analisados nas questões

Questões	Aspectos Analisados
Questão 1 – Item A	Identificação das Forças; Representação das Forças; Definição das Funções das Forças.
Questão 1 – Item B	Construção da Equação do Movimento do Bloco.
Questão 1 - Itens (C, D, E)	Resolução correta do problema.
Questão 2	Características das etapas da modelização: descrição, formulação e validação.
Questão 3	Impulso Inicial do atleta; Movimentos corporais (braços e pernas); Comportamento da Velocidade do atleta.
Questão 4	Identificação das forças do atleta; Representação das forças no atleta; Definição das Funções de cada Força.

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

Durante a análise dos dados e comunicação dos resultados será garantido o sigilo absoluto sobre os participantes da pesquisa, conforme resolução número 466/12 e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde. O projeto foi aprovado pelo comitê de ética com seres humanos da Universidade (CEPSH – UFSC) – processo CAAE 11638619.6.0000.0121. No apêndice E constam anexados os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido dos pais ou responsáveis e dos estudantes, assim como o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido para os estudantes maiores de 18 anos.

Capítulo 7

RESULTADOS E ANÁLISE

Neste capítulo apresentaremos uma análise e os principais resultados obtidos durante a realização das atividades ao longo da aplicação da sequência didática. Essa discussão será dividida em duas partes: a primeira contemplará uma síntese das aulas realizadas durante a aplicação, e a segunda trará elementos sobre as respostas dos estudantes na avaliação. Os aspectos analisados na discussão da avaliação compreendem dois momentos distintos: a presença das etapas da modelização na resolução de uma situação-problema de uma questão adaptada de um exercício tradicional, e se os estudantes conseguem utilizar as etapas da modelização para analisar uma situação real.

7.1 Descrição das aulas

As aulas de aplicação desta sequência aconteceram entre os meses de julho e novembro do ano de 2019. Nesta seção será apresentado uma descrição sucinta dos principais momentos pedagógicos das aulas de acordo com as atividades que foram desenvolvidas nesse período e estão dispostas no quadro 1 do capítulo 5 que trata sobre a sequência didática. Algumas atividades demandaram um maior tempo de aplicação e discussão em relação ao planejamento, totalizando 26 horas-aula.

Atividade 1 – Realizada em 31/07/19 - 1 hora-aula

Na primeira aula de aplicação do projeto o professor utilizou um texto elaborado para discutir sobre a modelização e o papel dos modelos no ensino de Física. Como estratégia para a leitura e discussão, propôs que a turma formasse um círculo. A leitura foi feita pelos estudantes, intercalando os parágrafos, enquanto o professor promovia os comentários necessários com esclarecimentos. O texto encontra-se disponível no apêndice C.

Atividade 2 - Realizada em 02/08/19 - 1 hora-aula

Nesta aula foi retomado os principais aspectos da discussão do texto. O professor usou o suporte de vídeos do *YouTube* para introduzir a situação-problema: uma corrida de 100 metros rasos. Com o seguinte questionamento: “Qual o comportamento da velocidade do atleta durante uma prova de 100 metros rasos?”, pois para entender as grandezas físicas que interferem no comportamento da velocidade seria preciso analisar com mais detalhes essa prova. Então, para isso, uma descrição da prova foi solicitada (primeira etapa do processo de modelização). Atividades seriam trabalhadas em grupos (2 ou 3 estudantes). O primeiro exercício dos grupos foi: “faça uma descrição do que aconteceu durante uma corrida de 100 metros rasos, que contenha detalhes das grandezas físicas que vocês consideram importantes, desde a largada até a linha de chegada”. Os grupos começaram então a discutir sobre a corrida e a fazer a descrição da prova.

Atividade 3 – Realizada de 09/08/19 à 23/08/19 - 4 horas-aula

Aula 1 – 09/08/19

A aula foi destinada para os grupos construírem o texto com a descrição da corrida de 100 metros rasos. O professor ficou mediando os grupos que apresentaram muita dificuldade para iniciar o exercício. Não é comum em uma aula de Física observar uma situação real e posteriormente elaborar uma descrição. Os grupos, a todo momento, solicitavam auxílio ao professor. O vídeo ficou disponível durante a aula para que os detalhes da corrida pudessem ser analisados quantas vezes necessário e relatados na descrição.

Aula 2 – 16/08/19

Os grupos apresentaram nesta aula a primeira versão da descrição da corrida de 100 metros rasos. Foi unânime entre os grupos uma descrição sucinta, sem muitos detalhes, em um texto bem curto, a presença de poucas grandezas físicas. Apenas destacaram a força de resistência do ar, a força de atrito do atleta

com a pista, e de forma confusa. Também não houve menção do comportamento da velocidade do atleta. O professor, após as leituras apontou a necessidade de observar com mais criteriosidade os detalhes da corrida e perceber as grandezas físicas que estavam presentes nos diferentes momentos da prova. Então foi sugerido que os grupos reelaborassem uma nova versão da descrição, e o professor anotou no quadro alguns aspectos que são considerados importantes para que a descrição seja satisfatória.

Aula 3 – 21/08/19

O professor concedeu os primeiros 15 minutos da aula para os grupos finalizarem a segunda versão da descrição da corrida. Enquanto isso elucidou algumas dúvidas dos estudantes. Durante a apresentação, dois grupos (6 e 3) trouxeram os elementos que contemplam uma descrição satisfatória. Como referência para descrever os aspectos da corrida utilizaram pesquisas na *internet* (vídeos) e um livro sobre esportes que encontraram disponível na biblioteca da escola. O professor fez algumas ressalvas ao grupo 3, que ainda poderia detalhar mais algumas grandezas que foram mencionadas. Os demais grupos apresentaram as suas descrições de maneira incompleta, faltava elementos para serem consideradas satisfatórias. O professor teceu comentários sobre cada descrição e solicitou outra nova versão para a próxima aula.

Aula 4 – 23/08/19

A aula iniciou com a organização dos grupos para a conclusão da leitura das descrições. Os grupos apresentaram as suas novas versões. O professor fez algumas ponderações no intuito de, numa terceira versão, a descrição ficar satisfatória. Os grupos 4 e 7 acabaram não fazendo atividade, então o professor solicitou que apresentassem na próxima aula as suas versões. Na sequência, o professor perguntou para a turma a impressão sobre este exercício e algumas respostas foram: “foi difícil”, “não encontramos as forças”, “eram muitos detalhes para observar”, “era necessário analisar as situações e observar quais as grandezas estavam envolvidas”, “o tempo de análise para perceber algumas

situações”. Um comentário do grupo 9 chamou atenção: “foi muito divertido esse momento, pois foi possível perceber que muita coisa ocorre em tão pouco tempo, me fez pensar em outras situações”. Para complementar esse momento sobre a descrição, o professor utilizou um vídeo de uma reportagem que apresenta as etapas da corrida de 100 metros rasos. No final instigou a turma sobre a necessidade de analisar as grandezas quantitativamente.

Atividade 4 – Realizada de 28/08/19 à 04/09/19 - 3 horas-aula

Aula 1 – 28/08/19

Após dois dias sem aulas devido ao conselho de classe, foi retomada a discussão sobre as etapas da corrida e utilizado um gráfico para analisar quantitativamente as grandezas físicas. Durante análise gráfica foi possível fazer um paralelo entre as informações do último vídeo e localizar as etapas na corrida do gráfico apresentado. O professor discutiu com a turma sobre os tipos de movimento (MRU e MUV), comportamento da velocidade (aceleração, velocidade constante e desaceleração), sistema internacional de unidades, conversão de unidades, interpretação gráfica, além da demonstração do instante de cada etapa. Esses conteúdos foram sendo abordados de acordo com as questões dos grupos. O professor já havia apresentando esses conceitos durante o primeiro trimestre. No fechamento da aula foi deixado o seguinte questionamento: “qual a grandeza física que é responsável pela alteração no comportamento da velocidade?”.

Aula 2 – 30/08/19

O professor iniciou a aula retomando a discussão do gráfico da velocidade x posição. A partir desse gráfico foi feita uma aproximação para o gráfico da velocidade x tempo para observar os diferentes comportamentos da velocidade em relação ao tempo, os tipos de movimentos e extrair a equação da velocidade. Além de transpor o gráfico, o professor argumentou sobre as propriedades gráficas. Depois desse momento, alguns exercícios que envolvem situações semelhantes foram apresentados para a turma resolver.

Aula 3 – 04/09/19

Nesta aula foi dada continuidade na resolução dos exercícios da aula anterior. Agora envolvendo as propriedades gráficas, então foi necessário relembrar algumas figuras geométricas e as equações para o cálculo das áreas dessas figuras. Como os dois exercícios trouxeram dúvidas e questionamentos foi preciso discutir com calma cada item, enfatizando a importância da interpretação e da representação gráfica nesse processo.

Atividade 5 – Realizada de 06/09/19 à 11/09/19 - 2 horas-aula

Aula 1 - 06/09/19

Antes de discutir sobre a relação cinemática e dinâmica do movimento do atleta, o professor retomou a discussão dos exercícios da última aula para mostrar novamente o cálculo da distância e esclarecer algumas dúvidas para os estudantes. Através das questões: “qual é a grandeza física responsável pela alteração do comportamento da velocidade? O que é necessário o atleta fazer para adquirir uma aceleração? O que é necessário fazer para identificar as forças que atuam no atleta?”, então o professor destacou que até o momento foram estudados os conceitos cinemáticos, que permitem entender os tipos de movimentos, e que a partir daquele momento seria necessário esclarecer as causas desses movimentos. Como alguns estudantes destacaram, a força aplicada pelos atletas resulta nesse movimento. O professor salientou que essas causas são estudadas dentro da Dinâmica na Física. O professor tentou instigar novamente a turma para descobrir como é possível encontrar qual a força ou quais as forças que estão atuando nesse atleta. Então o professor encaminhou para os grupos a próxima atividade que consiste em representar essas forças que atuam sobre o atleta através da construção de um diagrama de forças e a descrição de suas funções.

Aula 2 – 11/09/19

Os grupos apresentaram através de uma leitura a construção do diagrama de forças que atuam sobre o atleta. Os grupos destacaram algumas características de cada força, mas não definiram as suas funções. Alguns citaram as equações da força peso e da força de atrito. Definiram sentido e direção. Trouxeram a presença da força de resistência do ar, mas sem maiores detalhes, pois essa força ainda não foi estudada.

Atividade 6 – Realizada de 13/09/19 à 18/09/19 - 2 horas-aula

Aula 1 – 13/09/19

Foi concluído a apresentação dos diagramas de força. O professor questionou os grupos sobre a importância da atividade e, quais as dificuldades encontradas ao desenhar o diagrama de forças? A construção do diagrama de forças auxiliou o entendimento do grupo sobre o movimento do atleta? O diagrama de forças representa o que realmente está acontecendo com o atleta durante o seu movimento? Essas questões foram colocadas para que os grupos pensassem sobre a atividade que estavam resolvendo. Um dos alunos do grupo 6, mencionou que o diagrama de forças auxilia na interpretação do problema, fica mais fácil de visualizar o que está acontecendo. Outro estudante do grupo 2, citou que na hora de fazer a conta é melhor. Um integrante do grupo 3, disse que da forma como o grupo deles havia feito até o momento tinha achado fácil. Depois dessas posições, o professor orientou os grupos para resolver alguns exercícios de diferentes situações onde era necessário construir diagramas de forças e descrever a função de cada força.

Aula 2 – 18/09/19

Essa aula foi caracterizada pela discussão dos exercícios propostos para os grupos construírem o diagrama de forças em cada uma das situações e escrever a função delas. Durante a leitura da atividade de cada grupo houve bastante discussão, principalmente sobre as funções de cada força e a relação

com as Leis de Newton. As maiores dificuldades se evidenciaram na descrição da função das forças, principalmente a força normal e a de resistência do ar.

Atividade 7 – Realizada de 20/09/19 à 25/09/19 - 2 horas-aula

Aula 1 – 20/09/19

Parte desta aula foi utilizada para finalizar os exercícios sobre a construção dos diagramas de forças. Gerou bastantes discussões relativas às situações propostas nos exercícios. Na sequência, o professor apenas introduziu a discussão da força de resistência do ar, pois os estudantes até o momento não tinham conhecimento sobre os elementos que interferem na intensidade dessa força.

Aula 2 – 25/09/19

O professor retomou a discussão da força de resistência do ar através do exemplo do funcionamento de um paraquedas. O salto do paraquedista foi dividido em etapas para análise do comportamento dessa força do início do salto até o pouso no solo. Após discutir cada uma das etapas do exemplo, o professor apresentou os fatores que influenciam a força de resistência do ar, mostrou a equação e discutiu os elementos que interferem no valor da constante de proporcionalidade.

Atividade 8 – Realizada no dia 27/09/19 - 1 hora-aula

Aula 1 – 27/09/19

O professor distribuiu aos grupos o exercício 4 que consiste em desenvolver a equação do movimento para as situações do exercício anterior, em que os grupos já haviam construído o diagrama de forças. Durante a aula o professor ficou mediando a discussão e esclarecendo as dúvidas.

Atividade 9 – Realizada de 02/10/19 à 11/10/19 - 2 horas-aula

Aula 1 – 02/10/19

Esta aula ocorreu no laboratório de informática. O principal objetivo foi apresentar para os grupos o *software Modellus* e instrumentalizá-los para que pudessem interagir com o programa, escrever suas equações e testá-las posteriormente.

Aula 2 – 11/10/19

O professor retomou a discussão das ferramentas que o *Software Modellus* oferece, mostrando as possibilidades do programa de maneira breve, para que os estudantes recordassem o que havia sido discutido na última aula. A atividade consistiu em escrever no *software Modellus* a equação do movimento para a queda livre de um corpo, desprezando a resistência do ar. Os grupos já haviam realizado esta atividade no papel, agora eles deveriam transcrever a equação para o programa e observar as representações nos gráficos e tabelas ao testar o modelo. O professor orientou os grupos no decorrer da aula.

Atividade 10 – Realizada de 16/10/19 à 18/10/19 - 2 horas-aula

Aula 1 – 16/10/19

A proposta desta aula foi novamente uma queda livre, porém agora era necessário considerar a presença do ar. Nessa aula, parte dos grupos ainda estavam se adaptando ao uso do *Modellus*, e apresentaram um pouco de dificuldade ao transcrever as equações para o programa e o papel do professor foi auxiliá-los nesse momento.

Aula 2 – 18/10/19

O professor utilizou esta aula para que todos os grupos concluíssem a implementação da equação do movimento para uma queda livre considerando a

resistência do ar. Novamente foi dado auxílio a alguns grupos em suas dificuldades. Os que estavam um pouco mais adiantados nesse processo, foram desafiados a escrever as equações para as demais situações discutidas nas aulas anteriores (equações do exercício 4). No final da aula o professor discutiu com a turma os dois modelos de queda livre, salientando as principais dificuldades e os pontos positivos dessa interação com o *Software*.

Atividade 11 – Realizada no dia 23/10/19 - 1 hora-aula

Aula 1 – 23/10/19

Nesta aula foi retomada a atividade da corrida de 100 metros rasos. Após os grupos utilizarem o *software Modellus* e estarem mais familiarizados com o programa, por terem feito os exercícios de queda livre, e passado pelo processo de instrumentalização, foi retomado o propósito do projeto, a construção de um modelo para a corrida de 100 metros rasos. Os grupos discutiram e começaram a escrever no *Modellus* a equação do movimento para fazerem os testes e verificarem o comportamento da velocidade ao longo da prova.

Atividade 12 – Realizada de 25/10/19 à 30/10/19 - 2 horas-aula

Aula 1 – 25/10/19

Os grupos finalizaram a construção do seu modelo para analisar o comportamento da velocidade durante a corrida. Após o término da atividade o professor discutiu com a turma sobre os resultados encontrados por cada grupo e salientou que alguns chegaram muito próximo ao modelo gráfico discutido em sala de aula. O professor utilizou os modelos de Keller (1973) e de Tibshirani (1997) para complementar a discussão, pois esses modelos se aproximam muito de uma representação real para uma corrida de 100 metros rasos.

Aula 2 – 30/10/19

O professor retomou a discussão dos modelos de Keller (1973) e de Tibshirani (1997). Debateu com a turma todas as etapas percorridas até o momento, resgatando o texto utilizado na primeira aula do projeto, fazendo um paralelo com os conceitos físicos que foram discutidos durante as aulas à medida que as etapas do processo de modelização foram sendo superadas. Perguntou aos estudantes no final da discussão sobre os aspectos positivos e quais as maiores dificuldades durante o processo. Sobre as dificuldades os estudantes do grupo 2 e 8 citaram o momento de escrever as equações do movimento. O grupo 1 destacou a primeira etapa do processo de modelização, o momento de descrever a corrida de 100 metros rasos, assim como para o grupo 9, que também reforçou esse aspecto, foi difícil descrever a prova, pois os grupos, inicialmente, fizeram uma descrição muito sucinta, houve dificuldade em perceber os detalhes das grandezas físicas presentes na corrida. O grupo 9 ressaltou ainda que achou interessante o uso do *software Modellus*, principalmente com as primeiras equações (exemplos de queda livre), mas que teve dificuldades para construir a equação do movimento do atleta.

Atividade 13 – Realizada de 01/11/19 à 06/11/19 - 2 horas-aula

Aula 1 – 01/11/19

O professor trouxe uma lista de exercícios para os estudantes resolverem usando a abordagem que foi discutida durante todo esse projeto. Esses exercícios foram adaptados para que as etapas utilizadas na construção do modelo possam ser retomadas durante a resolução dos problemas. A atividade pode ser desenvolvida nos grupos para que os estudantes discutam entre si as questões. O professor ficou disponível para sanar as dúvidas. O primeiro exercício foi resolvido no quadro e discutido com toda a turma como exemplo. O restante da aula transcorreu com os estudantes resolvendo as questões e o professor esclarecendo as dúvidas que foram surgindo ao longo da aula.

Aula 2 - 06/11/19

Essa foi a última aula de discussão sobre os exercícios, faltando apenas a avaliação final. Nessa aula o professor discutiu com os grupos as principais dúvidas e dificuldades sobre os exercícios propostos. O professor lembrou que os exercícios estão dispostos de uma forma que retome o que foi trabalhado ao longo do projeto, primeiro questiona sobre o diagrama de forças e suas funções, depois solicita a equação que descreve a situação-problema, e finalmente pede para desenvolver o cálculo de algumas grandezas físicas. O professor finalizou a aula solicitando que os estudantes trouxessem os exercícios resolvidos no dia da avaliação final.

Atividade 14 – Realizada no dia 13/11/19 - 1 hora-aula

Aula 1 – 13/11/19 – Avaliação Final

O professor aplicou uma avaliação para verificar de maneira individual o que cada estudante conseguiu absorver ao longo desta sequência didática sobre a modelização.

7.2 Discussão da avaliação final

A avaliação final da aplicação deste projeto foi elaborada pensando em verificar alguns aspectos que os estudantes possam ter compreendido através da abordagem com o uso da modelização. O objetivo foi justamente observar se os estudantes conseguiram, após a participação na sequência didática, identificar corretamente as forças que atuam sobre uma partícula, através da construção do diagrama de forças, entender que algumas dessas forças são as responsáveis pelo movimento dessa partícula e depois escrever a equação do movimento. Além disso, ao usar algumas etapas da modelização para esse estudo, possibilitamos aos estudantes uma abordagem que difere das situações tradicionais para o ensino e discussão de conceitos da Física no cotidiano escolar.

Na modelização o estudante precisa visualizar a construção do modelo durante o processo avaliativo, portanto é necessário que a avaliação para esse tipo de abordagem busque, de acordo com Brewe (2008, p.5; traduzido pelo autor) “incentivar o aluno a perceber a valorização do modelo, e desta forma, os problemas propostos precisam ser escolhidos ou adaptados para que o estudante construa em suas respostas aspectos característicos de um modelo”.

O instrumento avaliativo foi dividido em duas etapas:

- I. Uma situação-problema próxima de uma abordagem tradicional que aborda as aplicações das Leis de Newton.
- II. Uma situação real que possibilita discutir as etapas da modelização e construção de um modelo.

A primeira questão foi uma situação-problema adaptada, ou seja, um problema tradicional modificado para que o estudante pudesse resolvê-lo utilizando uma abordagem com elementos da modelização (BREWE, 2008). Essa questão apresentou cinco itens que o estudante deveria resolver e explorar os seguintes aspectos:

- i. Representação das forças presentes na situação e definição da função de cada uma;
- ii. Obtenção da equação do movimento;
- iii. Determinação das grandezas relevantes (aceleração, força peso, força de atrito, força resultante).

Na segunda parte da avaliação foi disponibilizado um pequeno texto sobre a natação, que apresentou a situação escolhida para avaliar o uso e o entendimento da apropriação, por parte dos estudantes, das etapas da modelização discutidas ao longo da sequência. O texto serviu apenas como um subsídio, pois durante a avaliação os estudantes não tiveram acesso a materiais para consultar mais detalhes sobre essa modalidade esportiva. Então, dessa forma tentou-se identificar a presença de elementos relevantes para possibilitar o início da construção de um modelo. Essa etapa apresenta três questões que visam explorar os seguintes aspectos:

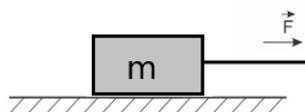
- a. O resgate das etapas que compreendem a construção de um modelo;
- b. A descrição de uma prova de natação de 50 metros livre;
- c. A construção de um diagrama de forças e designação da função das forças no movimento do atleta.

Nas próximas duas seções serão discutidos os resultados apresentados pelos estudantes na resolução da avaliação final em relação aos aspectos relacionados à resolução da situação-problema e às etapas que compreendem um processo de modelização. A avaliação encontra-se disponível no apêndice D.

7.2.1 Aspectos relacionados à resolução da situação-problema

Nesta seção serão apresentados os resultados, análises e discussões sobre a primeira questão da avaliação final. Essa questão é uma situação-problema adaptada de uma questão tradicional justamente para que o estudante possa utilizar na sua resolução uma abordagem mais próxima das etapas de construção de um modelo. Está apresentada abaixo a questão 1:

1. Um bloco de massa 15 Kg é puxado horizontalmente por um barbante.



- a) Faça o esquema com as forças que atuam sobre o bloco e diga a função de cada uma.
- b) Escreva a equação que representa o movimento desse bloco.
- c) Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 , calcule a força peso e a força normal.
- d) Sendo o coeficiente de atrito dinâmico entre o bloco e o plano horizontal igual a 0,20, calcule a força de atrito dinâmico.

e) Se o bloco possui uma aceleração de módulo igual a $2,5 \text{ m/s}^2$, concluímos que a força de tração no barbante tem intensidade igual a:

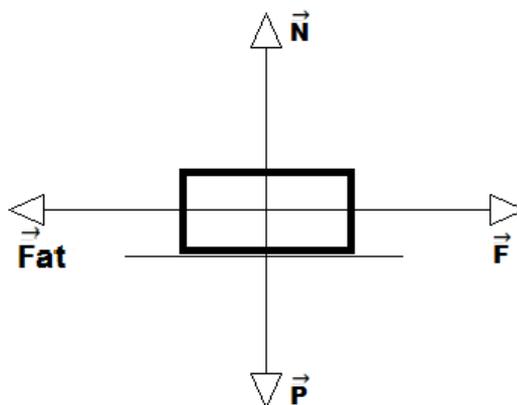
O item “A” e o “B” abordam a etapa da formulação. A construção do diagrama e a definição da função das forças que atuam sobre o bloco e a partir dela, no item “B”, elaborar a equação que descreve o movimento do bloco. Durante a aplicação da sequência didática foram realizadas atividades que exploraram aspectos relativos a esses dois itens.

Todos os 24 estudantes responderam o primeiro item da questão 1. Os aspectos analisados na resolução consideraram que o estudante deveria identificar as forças que estão atuando sobre o bloco. Desta forma, para uma resposta ser satisfatória era preciso nomear, representar e descrever a função das forças. A figura 16 ilustra a representação da construção de um diagrama de forças para essa questão. Foi percebido que pelo fato da Força F estar representada na figura da questão, alguns estudantes acabaram não nomeando e representando-a, mas definiram a sua função, logo, a resposta para esses casos foi considerada satisfatória durante análise dos resultados. Para a definição da função de cada força ser considerada satisfatória era necessário ressaltar que:

- i. A força Peso (\vec{P}) representa a interação gravitacional do objeto com o Planeta.
- ii. A força Normal (\vec{N}) é perpendicular à superfície de apoio e reage à compressão do objeto à superfície.
- iii. A força de Atrito (\vec{F}_{at}) é uma força que se opõe ao movimento do objeto, ou ainda, que dificulta o movimento do bloco.
- iv. A força F (\vec{F}) é responsável por mover o objeto.

Então de acordo com esses aspectos analisados, 10 (41,66 %) estudantes conseguiram desenvolver a resolução de maneira satisfatória.

Figura 16 – Distribuição das Forças no Bloco.



Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

A resposta foi definida como parcialmente satisfatória quando os estudantes não conseguiram apresentar todos os elementos que a questão exigia. Então se a resolução apenas nomeou e representou as forças e não definiu as funções, ou ainda, se apresentou esses elementos e descreveu alguma função ou representação da força de maneira incorreta, as repostas foram consideradas, nesses casos, como parcialmente satisfatórias, e o quadro 3 mostra que 12 (50%) dos estudantes tiveram esse desempenho. Ainda podemos constatar no quadro 3 que dois (8,34%) estudantes responderam à questão de uma forma não satisfatória, ou seja, não conseguiram nomear, representar ou definir as funções das forças presentes no exercício.

Quadro 3- Resultados da Questão 1 do item A

Aspectos analisados	Quantidade (%)
Satisfatória	41,66%
Parcialmente Satisfatória	50%
Não Satisfatória	8,34%
Não Respondida	0%

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

De acordo com o quadro 3, podemos destacar que os estudantes procuraram responder essa questão. Sendo que 22 (91,66%) estudantes

conseguiram um desempenho satisfatório ou parcialmente satisfatório. Esse tipo de exercício foi trabalhado e discutido durante a aplicação da sequência didática, e de acordo com Hestenes (1987), a construção dos diagramas auxilia os estudantes em suas aprendizagens. Como todo modelo é apenas uma representação parcial do objeto, é importante que os estudantes percebam na construção do diagrama de forças, quais as forças que foram responsáveis pelo movimento daquele objeto, e ao desenhar o diagrama o estudante identifica cada força através da rotulação, que posteriormente o auxiliará na montagem e interpretação de sua equação.

Quadro 4 - Elementos Analisados (a soma dos valores é maior que 100%, pois há menção de mais de um elemento por estudante)

Aspectos	Quantidade (%)
Identificação das forças	91,66%
Representação das forças	87,5%
Definição das funções	41,66%

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

No quadro 4 estão descritos os elementos que foram definidos como os critérios para analisar o desempenho nas resoluções. A identificação e a representação das forças foram os elementos presentes na maior parcela das avaliações, tendo 22 (91,66%) e 21 (87,5%) estudantes respectivamente obtendo desempenho correto sobre esses aspectos. Percebe-se que a maior dificuldade foi na definição das funções das forças, pois o percentual de 41,66% corresponde a 10 estudantes. Sobre esse índice as maiores dificuldades foram sobre a definição da função da força normal.

No item “B” da questão 1, os estudantes deveriam escrever a equação que representava o movimento do bloco. Desse modo, eles deveriam, a partir da construção do diagrama de forças, identificar as forças que eram relevantes para construir a equação que representava esse movimento. Nesse item 13 (54,16 %) estudantes escreveram a equação que representava o movimento do bloco de maneira satisfatória. Desses estudantes, 9 foram além da equação geral $F_r = F - F_{at}$, explicitaram as forças resultantes e de atrito, escrevendo a equação no seguinte formato:

$$m \cdot a = F - N \cdot \mu \quad (5)$$

Esse resultado demonstra que os estudantes conseguiram perceber as forças que interferem no movimento do bloco. A construção do diagrama de forças e a definição das suas funções podem ter auxiliado no processo de dedução da equação do movimento, pois essa abordagem permite que se construa a equação após entender como cada força atua. Tivemos ainda, 6 (25%) estudantes que escreveram a equação do movimento de maneira não satisfatória e outros 5 (20,84%) que não responderam à questão.

Um aspecto importante a ser ressaltado é que 9 estudantes que responderam satisfatoriamente o item “A”, também apresentaram resultados satisfatórios no item “B”. Essa é uma informação relevante, pois permite estabelecer possíveis correlações entre a identificação e a indicação explícita do papel de cada força com a construção da equação que representa o movimento do bloco. Além disso, 4 estudantes que responderam parcialmente satisfatória o item “A”, conseguiram resolver satisfatoriamente o item “B”. Isso demonstra que estes estudantes mesmo não identificando a função de todas as forças, estabeleceram uma relação através da identificação e representação delas, com as forças que interferem no movimento do bloco, e, portanto, foram capazes de escrever a equação do movimento.

No quadro 5 apresentamos os resultados obtidos pelos estudantes nos demais itens da questão 1. Os aspectos considerados na análise foram relacionados com a obtenção da resposta correta para a grandeza solicitada no problema proposto.

No item “C” a resposta foi considerada satisfatória quando o estudante apresentou a resolução correta da força peso e identificou como sendo o mesmo resultado para a força normal. Houve 11 (45,83%) estudantes que obtiveram esse desempenho.

A resposta foi parcialmente satisfatória quando os estudantes apenas calcularam a força peso, mas não associaram esse resultado com a força normal. Dois estudantes (8,33%) apresentaram essa resposta. Ainda, três estudantes (12,5%) responderam de uma forma não satisfatória, enquanto oito (33,33%) não responderam esse item.

O item “D” da questão 1 foi considerada satisfatória quando a resolução do cálculo da força de atrito dinâmico encontrou o valor correto. Pelo quadro 4 é possível perceber que 10 (41,67%) estudantes resolveram o item de maneira satisfatória.

A resolução do item “D” seria considerada parcialmente satisfatória quando o estudante realizasse os cálculos e acabasse errando apenas o valor final da solução, mas nesse item não houve respostas parcialmente satisfatórias.

Já uma resposta não satisfatória foi quando o estudante resolveu o problema utilizando a equação inadequada ou de uma forma incompleta, sendo que 5 (20,83%) estudantes responderam dessa forma. E ainda, houve 9 (37,5%) estudantes que não responderam a esse item.

No item “E”, para uma resposta ser considerada satisfatória o estudante precisava desenvolver os cálculos e encontrar o valor da força de F, que era a força de tração que atuava no barbante responsável pelo movimento do bloco. Nenhum estudante conseguiu responder satisfatoriamente.

Foi considerado uma resposta parcialmente satisfatória, nesse caso, os estudantes que iniciaram a resolução do exercício, mas que cometeram erros ao realizar os cálculos no meio do processo, não encontrando a solução para o valor da força F. Tiveram 4 (16,66%) estudantes que fizeram esse procedimento.

Os demais, que são 21 (87,5%), não conseguiram resolver de maneira satisfatória, sendo que 5 (20,84%) responderam de forma não satisfatória e os outros 16 (62,5%) não responderam o item “E”.

Quadro 5 - Resultados da Questão 1 – Itens C, D e E.

Aspectos Analisados	Item C (%)	Item D (%)	Item E (%)
Satisfatória	45,83%	41,67%	0%
Parcialmente Satisfatória	8,33%	0%	16,66%
Não Satisfatória	12,5%	20,83%	20,84%
Não Respondida	33,34%	37,5%	62,5%

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

Ao analisar o quadro 5, percebe-se que com o aumento da complexidade matemática para encontrar a solução, os estudantes apresentaram maiores dificuldades para chegar na resposta correta. Se for considerado o fato de que

13 (54,16%) estudantes escreveram a equação do movimento no item “B”, no item “C”, 11 (45,83%) conseguiram encontrar a resposta satisfatória para o valor da força peso e força normal, e outros 2 (8,33%) encontraram o valor da força peso, mas não mencionaram o fato dela ter a mesma intensidade da força normal, por isso a resposta foi considerada parcialmente satisfatória. Já no item “D”, 10 (41,67%) estudantes tiveram um desempenho satisfatório, e no item “E”, não houve estudante com uma resposta satisfatória, mas 4 (16,66%) responderam de maneira parcialmente satisfatória.

Um dado que pode ser analisado é o fato de que 6 estudantes escreveram a equação do movimento na forma geral, mas não avançaram para a equação (5), isso talvez demonstre a dificuldade de muitos estudantes ao resolver o item “E” da avaliação, em que nenhum deles conseguiu chegar na solução correta. Ressalta-se que a sequência didática explorou o desenvolvimento de situações-problema, porém, a ênfase dessas aulas durante a resolução de exercícios adaptados, foi na identificação e representação das forças que atuavam em cada situação proposta e posteriormente na construção da equação do movimento. O desenvolvimento da equação para encontrar a solução de cada incógnita não foi tão salientado devido ao tempo que havia disponível para finalizar a aplicação do projeto. Essa atividade foi discutida durante duas horas-aula, e está disponível no apêndice B. Outro fator que pode ter contribuído para certos estudantes não terem respondido algumas questões, foi a duração da realização da avaliação; 1 hora-aula (45 minutos).

No apêndice F encontram-se disponíveis os quadros 12 e 13 que apresentaram aspectos das respostas dos estudantes da questão 1 e que foram discutidos e analisados nessa seção.

7.2.2 Aspectos relacionados à modelização

Neste momento será apresentada a discussão dos resultados das questões relacionadas às etapas da modelização, da segunda parte da avaliação final. Diferente da primeira questão que trouxe uma situação-problema adaptada de um exercício tradicional e que usou algumas etapas da modelização para resolvê-la, agora o foco foi a abordagem no processo de construção de um modelo, resgatando nas questões todo o processo necessário para isso, e a

coleta de dados sobre a modelização, para identificar quais elementos os estudantes se apropriaram durante a discussão sobre a corrida de 100 metros rasos.

A segunda questão era sobre as etapas necessárias para adotar o processo de modelização. Essa questão abordou o contexto de toda a sequência didática, pois permite que o estudante resgate em sua resposta os aspectos discutidos em sala de aula para a elaboração de um modelo, o estudante precisa discorrer sobre os passos que são necessários utilizar para que o processo de modelização seja construído.

2. Baseado nos conhecimentos que você adquiriu ao longo do desenvolvimento do projeto para construirmos o modelo de uma corrida de 100 metros rasos, descreva as etapas necessárias para adotarmos o processo de modelização para uma prova de natação de 50 metros nado livre.

O objetivo da questão 2, foi observar se os estudantes identificaram as etapas necessárias, segundo Hestenes (1987) ou van Buuren (2014), para a construção de um modelo. Consideramos uma resposta satisfatória aquelas em que apareceram elementos relacionados à descrição, formulação e validação, como por exemplo, a resposta do estudante 15:

“Primeiro se faz uma descrição de todo o movimento, depois se aplica as Leis da Física, então é visto quais as forças podem ser descartadas e no final fazer a validação e testes.” (Estudante 15)

Uma resposta foi considerada parcialmente satisfatória quando apresentou elementos de uma ou duas das etapas, como escreveram os estudantes 6 e 21:

“Devemos considera o peso do atleta, a altura também acho que podemos considera que a prova tem 3 fases. 1ª) é a fase que o atleta vai pular e vai cair na água tentando usar o impulso para pegar velocidade no mergulho. 2ª) Após cair na água ele tenta usar seus braços para pegar impulso e chegar na velocidade máxima. 3ª) Ele começa a diminuir a velocidade.” (Estudante 6)

“Descrição, diagrama de forças e as equações.” (Estudante 21)

A resposta do estudante 6 apresenta elementos referentes à etapa da descrição, uma vez que ele procura dividir a etapa em fases, como discutido em sala. Já o estudante 21 menciona explicitamente a descrição, e apresenta elementos referentes à etapa da formulação – representação do diagrama de forças e obtenção das equações para o movimento do nadador.

Uma resposta não satisfatória não apresentou nenhum elemento referente às etapas, como ilustra a resposta do estudante 24:

“Aceleração, velocidade do atleta, velocidade constante, velocidade final.” (Estudante 24)

No quadro 6 pode-se observar o percentual das respostas dos estudantes para a questão 2.

Quadro 6 – Resultados da Questão 2

Aspectos Analisados	Quantidade (%)
Satisfatória	16,67%
Parcialmente Satisfatória	50%
Não Satisfatória	8,33%
Não Respondida	25%

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

Outros elementos importantes são as etapas presentes nas respostas dos estudantes. No quadro 7 apresentamos as etapas do processo de modelização reconhecidas por eles. A soma é maior que 100% pois alguns estudantes mencionaram mais de uma etapa em suas respostas.

Quadro 7- Etapas do Processo de Modelização reconhecidas na questão 2

Etapa	Quantidade (%)
Descrição	75%
Formulação	56,25%
Validação	25%

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

Dos 16 estudantes que apresentaram respostas completamente ou parcialmente satisfatórias, 12 (75%) apresentaram elementos referentes à descrição. Esse é um dado interessante, pois essa etapa pode ser considerada uma das mais importantes no processo de modelização. Porém, deve-se ressaltar que ela foi trabalhada durante 5 aulas, o que pode explicar esse resultado. Outro fator que pode ter colaborado para esse desempenho está na questão 3, a solicitação para que os estudantes fizessem uma descrição da prova de natação. Esse resultado demonstra que a maioria dos estudantes que respondeu à questão de forma totalmente ou parcialmente satisfatória relembrou a etapa da descrição durante a construção de um modelo.

A etapa da formulação foi mencionada 9 (56,25%) vezes, principalmente em uma referência sobre a construção do diagrama de forças. Para 4 estudantes, essa foi a única etapa referida, ou seja, as atividades relacionadas com a construção do diagrama de forças e o fato de escrever a equação do movimento, foram atividades relevantes para esses estudantes. A etapa da validação apareceu 4 vezes, corresponde a 25% e observa-se que todos os estudantes que trouxeram essa fase em suas respostas, também destacaram a descrição e a formulação. O motivo da validação ter sido pouco mencionada pelos estudantes pode estar relacionada ao fato de não termos discutido tanto sobre essa etapa durante o processo de modelização na aplicação das atividades em sala de aula. Nas aulas que utilizaram o *software Modellus* construíram os gráficos e testaram as equações, porém elas ocorreram no final da aplicação do projeto. Como algumas atividades demandaram um tempo maior para a realização e discussão, não houve espaço para ênfase dos aspectos e elementos que caracterizam essa etapa.

No apêndice F, o quadro 14 apresenta a transcrição das respostas fornecidas pelos estudantes que foram analisadas na questão 2.

A questão 3 abordou a descrição de uma prova de natação de 50 metros livre.

3. Pensando na primeira etapa do processo de modelização que desenvolvemos durante as nossas aulas, faça de forma similar uma descrição para uma prova de natação de 50 metros livre.

Para a resolução da questão 3 era necessária uma descrição mínima da prova. Na avaliação, que se encontra no apêndice D, havia um texto com poucas informações sobre a prova. Em suas descrições os estudantes deveriam considerar que a prova de 50 metros nado livre pode ser dividida em etapas. Na primeira o atleta está no bloco aguardando o início da prova e terá um tempo mínimo para reagir ao sinal sonoro. A seguir, ele salta para o ar, nesse momento é considerado o movimento fora da água (tempo de voo). A terceira etapa compreende o tempo em que ele permanece submerso, onde são executados movimentos ondulatórios até chegar à superfície. A partir desse momento começa a quarta etapa, em que o nadador inicia o movimento de braçadas e pernadas que se mantém, de maneira precisa, até próximo ao final da prova. Essa etapa é caracterizada por um aumento e manutenção da velocidade, além da estabilidade na superfície. No final (quinta etapa) há um pequeno deslize sobre a água no momento da batida da mão na parede da piscina (borda). Desse modo, para uma resposta ser considerada satisfatória, analisamos a presença dos seguintes elementos nas respostas:

1. A existência de um impulso inicial do atleta.
2. A citação dos movimentos corporais (braços e pernas) do atleta.
3. Citações sobre o comportamento da velocidade do atleta ao longo da prova.

Analisando as descrições elaboradas pelos estudantes para uma prova de natação de 50 metros livre consideramos um exemplo de resposta satisfatória a do estudante 15, pois ele apresenta todos os elementos em sua descrição, como pode ser visto a seguir:

“Tudo começa com o tempo de reação do atleta onde se estão em repouso aguardando o início da prova. No segundo momento o atleta irá tentar atingir o máximo de movimento no nado. Depois de atingir uma alta velocidade ele tentará manter o máximo possível. No final pode haver uma pequena desaceleração devido ao desgaste físico.”
(Estudante 15)

Uma resposta foi considerada parcialmente satisfatória quando apresentou apenas 1 ou 2 elementos dos aspectos analisados para uma descrição, como nos exemplos a seguir:

“Primeiramente o atleta se posiciona no bloco agachado, ao escutar a largada, o atleta faz um impulso pra frente e se joga na água, fazendo movimentos rotatórios com os braços até chegar ao fim dos 50 metros.” (Estudante 8)

“Os atletas começam do instante zero. É dada a largada e eles se impulsionam para começar a corrida. Ao decorrer a aceleração deles aumenta e quando eles chegam na linha de chegada ocorre uma desaceleração.” (Estudante 16)

“Com um apito começa a prova, o nadador faz um impulso para mergulhar na água.” (Estudante 21)

É importante destacar que o estudante 8 mencionou aspectos sobre o impulso inicial e sobre os movimentos corporais, enquanto o estudante 16 apresentou os aspectos relacionados com os elementos do impulso inicial e sobre o comportamento da velocidade, mesmo citando apenas a grandeza aceleração, fica subentendido que houve uma alteração no comportamento da velocidade. Já o estudante 21 descreveu apenas o início da prova, referindo-se ao momento em que o atleta salta na piscina.

As respostas consideradas não satisfatórias não trouxeram nenhum destes elementos, como exemplo, podemos indicar a resposta do estudante 17.

“O atleta tem força dele mesmo ele usa a resistência do ar para poder respirar melhor.” (Estudante 17)

No quadro 8 apresentamos os indicativos dos resultados das respostas dos estudantes para a questão 3.

Quadro 8 - Resultados da questão 3

Aspectos Analisados	Quantidade (%)
Satisfatória	16,67%
Parcialmente Satisfatória	41,66%
Não Satisfatória	12,5%

Não Respondida	29,17%
----------------	--------

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

Pelos resultados apresentados no quadro 8 temos 14 (58,33%) estudantes que responderam à questão 3 totalmente ou parcialmente satisfatória. Enquanto 10 (41,67%) estudantes que não responderam ou simplesmente não mencionaram nenhum elemento dos que eram necessários aparecer na descrição para ser considerada parcialmente satisfatória.

Outro importante aspecto que podemos identificar são os elementos que os estudantes apontaram durante a descrição da prova. Então no quadro 9 mostramos esse percentual dos estudantes que responderam a questão 3 de maneira satisfatória ou parcialmente, cuja soma ultrapassa o 100%, devido ao fato de alguns estudantes terem mencionado mais de um elemento em suas descrições.

Quadro 9 - Elementos da Descrição presentes na resposta da questão 3.

Elementos	Quantidade (%)
Impulso inicial do atleta	92,85%
Movimentos Corporais (braços e pernas)	64,28%
Comportamento da Velocidade	42,85%

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

Entre os 14 (58,33%) dos estudantes que responderam à questão 3 e que mencionaram algum elemento da descrição, tivemos 13 (92,85%) que indicaram a necessidade do impulso inicial do atleta na sua descrição. Os movimentos corporais de braços e pernas foram citados por 9 (64,28%) desses estudantes e ainda, 6 (42,85%) trouxeram em sua descrição o comportamento da velocidade do atleta. Nas respostas de 4 (28,57%) estudantes foram apresentados os três elementos na descrição, sendo consideradas satisfatórias. As respostas de 6 (42,85%) estudantes apareceram dois elementos, sendo que desses, em 5 (83,33%) houve referência ao impulso inicial e o movimento corporal (braços e pernas), e um (16,67%) estudante mencionou o impulso inicial e o comportamento da velocidade em sua descrição. Esses 6 estudantes correspondem às respostas consideradas parcialmente satisfatórias.

É importante ressaltar que dos 4 estudantes que responderam satisfatoriamente à questão 2, dois (50%) também responderam satisfatoriamente essa questão. A transcrição das respostas fornecidas pelos estudantes pode ser vista no apêndice F no quadro 15.

A questão 4 retoma o diagrama de forças que é uma importante atividade na construção de um modelo.

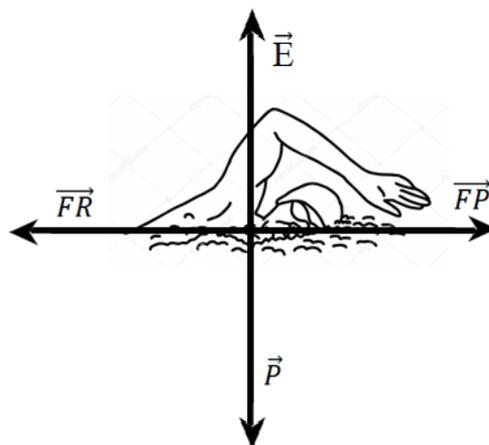
4. Observe a imagem abaixo e faça um esboço do atleta, construindo o diagrama de forças e detalhando a função de cada força no movimento do atleta.



Essa questão busca resgatar a distribuição das forças, pois é muito importante o estudante ter clareza das forças que interferem no movimento do atleta, identificar quais as forças e o sentido que atuam, além de descrever a função de cada uma para auxiliar a construção do processo de modelização.

Na figura 17 temos os aspectos considerados para a distribuição das forças que atuam sobre o atleta, onde \vec{E} é o empuxo, \vec{P} é a força peso, \vec{FP} é a força de propulsão que impulsiona o atleta para frente e \vec{FR} é a força de resistência da água. As forças que atuam na vertical, peso e empuxo, tendem a se anularem, então as forças consideradas na equação de movimento do atleta são as que atuam na direção horizontal. O movimento em um fluido não é simples de analisar, então nessa situação, representamos as forças que atuam no mesmo ponto, de maneira semelhante ao que é feito na aproximação de uma partícula, pois não foram analisados os aspectos relacionados à forma do corpo (importante para a resistência e sustentação), e a rotação de diferentes partes do corpo, que nesse caso não são o objeto desse estudo.

Figura 17 - Distribuição das forças no atleta de natação.



Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

Uma resposta satisfatória para essa questão necessitava dos seguintes elementos:

- A. Identificação das forças
- B. Representação das forças que atuam no atleta.
- C. Descrição da função de cada força.

Além destes elementos, para a definição da função de cada força ser considerada satisfatória, era necessário o estudante destacar em sua resposta:

- i. A força Peso (\vec{P}) representa a interação gravitacional do atleta com o Planeta.
- ii. O empuxo (\vec{E}) é a força exercida pelo líquido sobre o atleta e tem direção vertical e sentido para cima.
- iii. A força de resistência (\vec{FR}) é um força que se opõe ao movimento do atleta, ou ainda, que dificulta o movimento desse.
- iv. A força de propulsão do atleta (\vec{FP}) responsável pelo movimento do atleta.

É importante salientar que consideramos a resposta satisfatória mesmo para os estudantes que identificaram a força vertical para cima como sendo a força normal e a força de resistência foi associada pela maioria deles como força de atrito, pois até esse momento não havíamos discutido com os estudantes a mecânica dos fluidos.

Para ser considerada parcialmente satisfatória a resposta do estudante deveria: (i) representar e nomear corretamente as forças; (ii) nomear corretamente as forças e apresentar sua função no movimento; ou ainda, (iii) representar e definir a contribuição de cada força para o movimento. Quando esses aspectos analisados não estavam bem definidos ou se apresentavam incompletos, a resposta foi considerada não satisfatória. E ainda, temos uma parcela de estudantes que não resolveu a questão. No quadro 10 destacamos o aproveitamento dos estudantes para a questão 4.

Quadro 10- Resultados da questão 4.

Aspectos Analisados	Quantidade (%)
Satisfatória	25%
Parcialmente Satisfatória	29,17%
Não Satisfatória	29,17%
Não Respondida	16,66%

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

Pelos dados apresentados é possível perceber que 20 estudantes tentaram resolver essa questão, sendo que 13 obtiveram um resultado totalmente ou parcialmente satisfatório. A construção do diagrama de forças foi uma atividade que o professor enfatizou bastante durante as aulas.

No quadro 11 apresentamos os resultados dos estudantes sobre os aspectos analisados na resolução da questão 4, pois para a construção de um diagrama de forças os seguintes elementos são importantes: identificação das forças, representação das forças e definição de suas funções. Os valores da soma dos resultados ultrapassam o 100%, pois alguns estudantes mencionaram mais de um elemento na resolução da questão 4.

Quadro 11 - Elementos do Diagrama de forças da questão 4

Diagrama de Forças	Quantidade (%)
Identificação das Forças	54,17%
Representação das Forças	50%
Definição das Funções	29,17%

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

O quadro 11 nos mostra que a identificação e a representação das forças foram os elementos presentes na maior parcela das avaliações. Percebe-se que a maior dificuldade dos estudantes foi na definição das funções das forças, pois o percentual de 29,17% corresponde a 7 estudantes. É importante destacar que a questão 4 era similar ao item “A” da questão 1, porém os estudantes tiveram um desempenho menor na construção do diagrama de forças para o atleta do que para o bloco. Alguns fatores podem ter contribuído para essa dificuldade:

- a. superfície de contato do atleta era um líquido;
- b. tempo para resolução da prova pode ter sido insuficiente;
- c. o fato da questão 4 ser a última pergunta da avaliação, logo, pode ter acontecido um relaxamento na hora de resolvê-la;

No quadro 16 do apêndice F encontram-se disponíveis os resultados da análise dos elementos presentes nas respostas dos estudantes para a questão 4.

A conclusão da análise e discussão dos resultados da avaliação final, dá a percepção que a modelização pode contribuir para a aprendizagem dos estudantes e que uma abordagem utilizando essa ferramenta pode potencializar o ensino de física, sendo uma alternativa para auxiliar a discussão de conceitos. A construção do modelo possibilita ao estudante ser protagonista de suas ações no desenvolvimento das atividades, e isso, pode motivá-lo a buscar a compreensão dos conceitos físicos necessários para o entendimento do evento a ser estudado.

Cabe aqui o destaque, após apresentar e analisar os resultados, que Brewe (2008) em um trabalho sobre modelização em um curso introdutório de

Física apontou alguns aspectos sobre a construção de modelos para o ensino de Física e que foi possível constatar na análise desta sequência didática:

- I. a ênfase está na qualidade da construção do modelo e não nas repostas corretas;
- II. o resultado da avaliação (nota) deve refletir se o estudante realmente criou um modelo ou desenvolveu aspectos das etapas da modelização, e não se apenas a resposta correta foi alcançada.
- III. o estudante tem a possibilidade de ver o conceito físico como um processo e o conhecimento se torna mais significativo, como um trabalho em construção;
- IV. é preciso adaptar uma situação-problema para utilizar o processo de modelização em sua resolução, e o tempo para construir um modelo pode ser maior, porém a riqueza dos elementos durante esse processo e o conhecimento adquirido podem ser muito mais relevantes que em um problema físico padrão (tradicional);
- V. a construção de um modelo permite desenvolver habilidades, como por exemplo: interpretar gráficos, construir diagramas, escrever equações, testar e aperfeiçoar o modelo.

Na aplicação dessa sequência didática foi possível constatar pelos resultados que as atividades que foram mais exploradas durante a construção do modelo para a corrida de 100 metros rasos ficaram mais evidentes quando foi analisado as repostas dos estudantes na avaliação final. A etapa da descrição foi a que teve maior presença nos aspectos analisados na questão 2. Uma justificativa para esse resultado pode estar relacionada com a forma que desenvolvemos a construção do modelo, pois esta etapa para alguns grupos foi descrita duas ou três vezes para atender os aspectos considerados satisfatórios para uma boa descrição de uma situação real. Essa ênfase durante as atividades de sala de aula pode ter contribuída para esse resultado positivo na avaliação final.

Outro ponto positivo foi a identificação e representação das forças na etapa da formulação, pois também durante as aulas de aplicação da sequência didática, foram abordadas atividades elaboradas para discutir e construir

diagramas de forças em diferentes situações, possibilitando aos grupos desenvolverem essa habilidade, porém podemos destacar como ponto de atenção a dificuldade dos estudantes em descreverem a função das forças ao analisarem o diagrama. Talvez tenha faltado, durante as discussões em sala de aula, ressaltar o papel de cada força e ao explorar os conceitos tenha ficado dúvidas, pois estudamos as forças separadamente antes do início da aplicação do projeto, sendo que a única força discutida durante a sequência foi a de resistência do ar.

Um ponto de atenção que ficou explícito foi o tempo de desenvolvimento de cada atividade, pois não foi possível desenvolver a etapa da ramificação, apenas em um exemplo discutido durante uma atividade ao analisar a queda de um corpo quando consideramos a presença da força de resistência do ar, mas não houve um maior aprofundamento em outras situações. Nesse mesmo sentido, faltou dosar o tempo para explorar e discutir a etapa de validação. Testar e aperfeiçoar o modelo é uma habilidade importante e que pode ser utilizada em outras áreas do conhecimento, e nessa sequência ficou evidente pelos resultados apresentados na avaliação final, que os estudantes não conseguiram uma apropriação dessa etapa.

Capítulo 8

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na construção do conhecimento científico é recorrente o uso de modelos e representações para explicar uma situação. Esse recurso permite muitas vezes simplificar a forma de como uma situação complexa pode ser compreendida. Aplicar essa estratégia para entender os conceitos físicos pode ser uma alternativa atraente para os estudantes de ensino médio, pois permite a consideração de situações que podem estar mais próximas do cotidiano deles. Assim, neste trabalho foi feita a apresentação e a análise de uma sequência didática que utilizou o processo de modelização para o ensino de conceitos da cinemática e dinâmica aplicada em uma turma de primeiro ano do ensino médio.

O primeiro desafio da proposta que cabe destacar é a produção do material didático (atividades elaboradas) que permitiu adotar essa estratégia de ensino aprendizagem em sala de aula. Os livros didáticos de física ainda são carentes nesse aspecto, pois não há neles a construção de modelos para a compreensão dos fenômenos físicos compatíveis com a proposta dessa sequência. Há em muitos desses livros um aspecto tradicional, com uma tendência que prioriza a conceitualização de leis e teorias seguidas de situações-problema e muitas vezes descontextualizadas do cotidiano do estudante. Para a construção de atividades que possibilitassem essa abordagem foi necessário fazer adaptações nesses exercícios. Então o material foi construído baseado nos referenciais de pesquisa do autor. Eles necessitam ser revisitados e adaptados de acordo com a realidade de cada objeto de estudo, desse modo constituem um material em contínuo processo de construção e aperfeiçoamento.

Outro desafio a ser considerado, é a aplicação dessa sequência didática em uma turma que estuda no período noturno. Esse estudante, devido muitas vezes a situações extraclasse, aguarda a manutenção dos acontecimentos cotidianos em sala de aula. Adotar estratégias de ensino que tirem o estudante do seu local de conforto nem sempre trará resultados positivos e imediatos, por isso ter paciência e buscar formas de inserir o que é desconhecido pode ser um trabalho a longo prazo. A construção de um modelo não é simples e exige um tempo maior da discussão de conceitos. À medida que as etapas da modelização

são superadas pode-se alcançar a aprendizagem. Nesse sentido, o processo dessa abordagem se torna muito mais significativa do que simplesmente o resultado final de um exercício resolvido. O professor lembrou constantemente os estudantes que o processo de aprendizagem deve ser entendido como algo mais amplo.

Com relação ao processo, a etapa da descrição mostrou-se fundamental no processo de construção do modelo, pois ela permitiu que o estudante, ao analisar os detalhes da corrida de 100 metros rasos, fosse percebendo as grandezas físicas que influenciaram nos movimentos e no comportamento da velocidade do atleta. Através da observação e registro os grupos começaram a identificar a presença das forças e também o reconhecimento delas. Desse modo, a descrição de um fenômeno físico pode colaborar no entendimento de uma situação-problema. Esse reconhecimento das forças que atuam no objeto proporcionaram o uso do diagrama de forças, que é uma ferramenta importante e que auxiliou na identificação de onde cada força realmente atua. A construção do diagrama de forças contribuiu para a obtenção da equação do movimento durante a etapa da formulação.

Dessa forma, essa abordagem pode ser incorporada à “cultura de resolução de problemas que envolvam leis de Newton”, por parte dos estudantes. Os professores precisam discutir com mais ênfase esses aspectos relacionados à identificação e representação das forças, além da definição da função de cada força em diferentes situações. O uso da modelização como um esquema possibilitou esse tipo de abordagem que se mostrou bastante eficaz pelos resultados apresentados durante análise das questões da avaliação final, que trouxeram esses elementos na sua resolução.

Ressalta-se que na análise dos resultados não foram consideradas todas as atividades realizadas durante a aplicação da sequência didática, pois o tempo para organização e tratamento do volume desses materiais não foi suficiente. Um aspecto importante é que a construção e desenvolvimento dessas atividades durante as aulas foram realizadas em grupos de dois a três estudantes. Mas na avaliação final eles resolveram a prova individualmente. Isso pode demonstrar alguns problemas na hora de analisarmos apenas os resultados finais, e não pensarmos em todo o processo de construção quando

uma abordagem que foi construída coletivamente se apropria de resultados individuais.

Na análise dos resultados da primeira questão da avaliação, foi perceptível os aspectos positivos que o processo de modelização proporcionou no ensino aprendizagem dos estudantes. Cabe destacar que todos os estudantes resolveram os dois primeiros itens dessa questão, sendo que mais de 90% respondeu de maneira satisfatória ou parcialmente satisfatória. Importante ressaltar que era necessário identificar e representar as forças, além de descrever as funções de cada uma ao representar o diagrama de forças. Hestenes (1987) identifica em seu trabalho a importância da construção dos diagramas de força no processo de modelização e na aprendizagem dos estudantes. E esses resultados são evidentes quando parte desses estudantes conseguem escrever a equação do movimento no item b dessa questão. Como durante o desenvolvimento das aulas foi despendido um tempo maior para as atividades relacionadas à descrição e formulação, os resultados demonstraram essa efetividade na resolução da avaliação final nesse aspecto.

O foco da construção de um modelo não é simplesmente encontrar uma resposta correta, mas uma forma de representar uma situação, de maneira simplificada, que possa ser compreendida, considerando sempre as abstrações necessárias para o seu entendimento. Devido a isso, os demais resultados dos itens da primeira questão foram inferiores aos itens “a” e “b”, pois não focamos tanto na resolução de equações e no objetivo de encontrar uma resposta correta, talvez por esse motivo, o desempenho tenha sido menos expressivo.

O primeiro contato dos estudantes com essa abordagem também precisou de um tempo maior para assimilação de conceitos e na execução das tarefas. Isso acarretou na diminuição do tempo para trabalhar as etapas de ramificação e validação, sendo que os resultados da avaliação final ratificam essa constatação.

Os aspectos relacionados com as etapas da modelização foram avaliados nas outras três questões da avaliação final. Em relação a eles, podem-se destacar:

- i. A descrição, considerada a etapa mais importante para Hestenes (1987), proporcionou a identificação das grandezas que são relevantes para o estudante iniciar a resolução do problema. Além

disso, souberam tratar as informações que deveriam ser consideradas como variáveis, e dependendo do modelo, descartaram aquelas que nesse momento não eram fundamentais.

- ii. A formulação, de acordo com os resultados, também mostrou a sua eficiência nessa sequência didática. A construção do diagrama de forças e a identificação da função de cada uma possibilitou que o estudante escrevesse a equação do movimento. A compreensão dessa etapa pode proporcionar resultados frutíferos na etapa da validação do modelo.
- iii. A ramificação ficou praticamente ausente nessa sequência didática e respectivamente nos resultados. É necessário rever a forma como essa etapa foi discutida, pois não foi possível perceber a sua relevância nesse momento.
- iv. A validação também se mostrou tímida nos resultados, talvez pelo menor tempo de discussão durante as aulas, e por ser complexo entender que nesse processo de modelização um modelo pode ter um limite de validade e para sua compreensão o resultado de um teste pode apresentar um determinado grau de precisão.

É válido salientar que a análise dos resultados mostrou que o processo de modelização contribuiu para o entendimento de elementos importantes que envolvem situações da aplicação das Leis de Newton. Porém, o desempenho coletivo, se considerarmos que os estudantes participaram da construção das etapas da modelização ao longo das atividades trabalhando em grupo, poderia ter sido ainda melhor se tivéssemos aplicado uma avaliação que explorasse o trabalho em conjunto. Isso é uma hipótese, pois ao avaliarmos individualmente podem surgir dificuldades de aprendizagem que tenham ficado ocultas no grupo, e que nesse momento individual possa ter ficado mais evidente. É um ponto de atenção ao revisar este trabalho, buscar métodos alternativos para a elaboração de uma avaliação que possa contemplar o processo.

A construção de um modelo envolve várias etapas e o estudante com maior experiência nesse tipo de abordagem pode desenvolver suas competências e habilidades. É preciso, portanto, que outros conteúdos sejam

estudados a partir dessa estratégia, contudo, o estudante pode reforçar esse esquema de pensamento, se for aplicado em outros ramos no ensino de Física.

A inclusão do uso de ferramentas computacionais durante o desenvolvimento das atividades para a construção do modelo foi outro ponto a destacar na sequência. Através do *Software Modellus*, que utiliza uma linguagem de programação acessível, os estudantes tiveram a oportunidade de escrever a equação do movimento e verificar a representação de seus modelos. Nesse sentido, o auxílio tecnológico tornou a equação visível para o estudante através da representação gráfica e pela construção de tabelas. O computador, nesse processo, foi uma ferramenta que auxiliou a construção do conhecimento, além de possibilitar uma interação do estudante com as tecnologias, como orienta os novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio. O uso de ferramentas computacionais no processo de modelização permitiu ainda, aos estudantes, explorar o modelo, criando e testando outras representações, dessa forma, pode-se estimular e melhorar o processo cognitivo de aprendizagem.

Portanto, a modelização é uma estratégia de ensino que possibilita explorar muitas habilidades. Cabe evidenciar a importância da construção da sequência didática e das atividades elaboradas para desenvolver esse processo, sendo uma forma de abordagem que contribui para o aprendizado de conceitos físicos, possibilita ao estudante um significado na conceitualização dos fenômenos. Mas é importante salientar que van Buuren (2014) também destaca em seu trabalho que para introduzir a modelização no ensino de Física é preciso que os estudantes tenham um domínio sobre as equações mais fundamentais. Essa falta de conhecimentos básicos pode gerar dificuldades no momento de construir um modelo.

Nesse contexto, se faz necessário a produção de materiais didáticos (livros e sequências didáticas) que utilizem essa abordagem nos cursos de graduação e na formação continuada de professores. O material produzido neste projeto necessita ser revisitado para que os pontos de atenção sejam aperfeiçoados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Dilza da Silva. A Física do Paraquedismo. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE: Produção Didático-pedagógica, 2014. Curitiba: SEED/PR., 2016. V.2. (Cadernos PDE). Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uel_fis_pdp_dilza_da_silva_almeida.pdf> . Acesso em: 03/07/2019. ISBN 978-85-8015-079-7
- BARROS, Nelson; DEZEM, Ricieri. O Atletismo. 2ª ed, São Paulo: Apoio, 1989.
- BANDSPORTS. Usain Bolt - Conheça os segredos do homem mais rápido do mundo. 2016. Disponível em: <<https://esporte.band.uol.com.br/rio-2016/usain-bolt/>> Acesso em out. 2018.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. p. 135, volume 2, Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2006. ISBN 85-98171-43-3.
- BREWE, Eric. Modeling theory applied: Modeling Instruction in introductory physics. Department of Curriculum and Instruction and Department of Physics, Florida International University, Miami, Florida. Am. J. Phys., Vol. 76, n. 12, p. 1155-1160, dec. 2008. American Association of Physics Teachers. DOI: 10.1119/1.2983148
- CEDRAN, D. P.; KIOURANIS, N. M. M. Teoria dos Campos Conceituais: visitando seus principais fundamentos e perspectivas para o ensino de ciências. **ACTIO**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 63-86, jan./abr. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>>.
- DENZIN, N. e LINCOLN, Y. S. The Sage handbook of qualitative research. London: Sage, 2005.
- FLICK, Uwe. Desenho da pesquisa qualitativa. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- Gilbert, J., & Justi, R. (2016). Modelling-based Teaching in Science Education (Vol. 9): Springer
- HECK, André; ELLERMEIJER, Ton. Giving students the run of sprinting models. **American Journal Of Physics**, [s.l.], v. 77, n. 11, p. 1028-1038, nov.

2009. American Association of Physics Teachers (AAPT).
<http://dx.doi.org/10.1119/1.3187150>.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: Uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 38, n. 1, p.1-15, mar. 2016. FapUNIFESP (SciELO).
<http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11173812080>.

HEIDEMANN, Leonardo A.. Ciclos de Modelagem: Uma Proposta para Integrar Atividades Baseadas em Simulações Computacionais e Atividades Experimentais no Ensino de Física. *Caderno Brasileiro Ensino Física*, v. 29, n especial 2, p.965-1007, out. 2012.

HESTENES, David. Traduzido por: SOUZA, Ednilson. Toward a modeling theory of physics instruction. *Am. J. Phys*, v. 55, n. 5, p 440-454, may 1987.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Velocidade na Olimpíada. 2016. Disponível em:
<http://www.ipt.br/olimpiada_e_metrologia/index.php/velocidade-na-olimpiada/>
Acesso em out. 2018.

KELLER, Joseph B.. A theory of competitive running. **Physics Today**, [s.l.], v. 26, n. 9, p.43-47, set. 1973. AIP Publishing.
<<http://dx.doi.org/10.1063/1.3128231>>

Métodos Computacionais no Ensino de Física. UFRGS. Disponível em:
<http://www.if.ufrgs.br/computador_ensino_fisica/modellus/modellusI_introducao.htm> Acesso em jun. 2019.

MOREIRA, M.A. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa Nesta Área. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 7-29, 2002.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. da S. Modelagem analógica no ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 23, n. 1, p. 155-182, abr. 2018.
Disponível em:
<<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/883>>. Acesso em: 7 mar. 2019.

SIEGEL, S. e CASTELLAN JR, N. J. Estatística não-paramétrica para Ciências do Comportamento, 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

VAN BUUREN, O. P. M. Development of a Modelling Learning Path. Tese (PhD Thesis)—University of Amsterdam, The Netherlands, p. 1-53, abr. 2014. ISBN: 978-94-6259-111-0.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D.. Modelagem no Ensino: Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 24, n. 2, p.87-96, jun. 2002. FapUNIFESP (SciELO). <<http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11172002000200003>>

TEODORO, Vitor Duarte. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. FCT. Modellus (Software & Documents). Disponível em: <<https://docentes.fct.unl.pt/vdt/pages/modellus-software-documents>> Acesso em abr. 2019.

TIBSHIRANI, R. Who is the Fastest Man in the World? The American Statistician, v. 51, n. 2, p.106-111, set. 2016. Taylor & Francis, Ltd. on behalf of the American Statistical Association.

YAMASHITA, M. T.; Uma análise da física da corrida de 100 metros rasos. Revista de Biologia. v. 11, p. 8 – 11, jan. 2014. DOI: 10.7594/revbio.11.01.0

Apêndice A

Planos de Aula



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Plano de Aula Nº 1

Professor: Oendel Roberto Wagner

Escola: _____

Série: Primeiro Ano

Data: 31/07/19

Turma: _____

Duração: 45 min

Tema da aula: “O papel dos modelos e a modelização no entendimento dos fenômenos”

Objetivos:

- Discutir sobre a inserção da modelização no ensino de Física;
- Definir conceitos sobre modelos e os processos de modelização.

Conteúdo Físico:

- Etapas da Modelização – Introdução da proposta sobre os processos para construção de um modelo.

Recursos instrucionais:

- Quadro e Giz;
- Texto elaborado pelo autor.

Momentos da aula:

Momento 1: Apresentação da proposta sobre a inserção da modelização para o ensino de Física na turma de primeiro ano do Ensino Médio. (15 min)

Dinâmica 1: O professor vai introduzir a proposta de sua pesquisa de mestrado e discutir sobre esta abordagem diferenciada que é o uso da modelização no ensino de Física. Para essa discussão, o professor vai destacar o papel dos modelos na construção do conhecimento físico, fazendo uma relação entre a complexidade que os fenômenos podem apresentar na sua realidade e as abstrações que são necessárias fazer para entendermos os aspectos que são relevantes quando se estuda um determinado fenômeno.

Momento 2: Definição de conceitos iniciais para o entendimento da metodologia a ser utilizada no decorrer do projeto. (30 min)

Dinâmica 2: O professor definirá alguns conceitos estudados, de acordo com os autores pesquisados, durante sua investigação bibliográfica, como por exemplo, a definição de modelo para a Física, além de definir os processos de modelização, trazendo a representação esquemática em conformidade com Van Buuren (2014), e as etapas do processo de modelização estabelecidas por Hestenes (1987).

Referências:

HESTENES, David. Traduzido por: SOUZA, Ednilson. Toward a modeling theory of physics instruction. *Am. J. Phys*, v. 55, n. 5, p 440-454, may 1987.

VAN BUUREN, O. P. M. Development of a Modelling Learning Path. Tese (PhD Thesis)—University of Amsterdam, The Netherlands, p. 1-53, abr. 2014. ISBN: 978-94-6259-111-0.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Plano de Aula Nº 2

Professor: Oendel Roberto Wagner

Escola: _____

Série: Primeiro Ano

Data: 02/08/19

Turma: _____

Duração: 45 min

Tema da aula: “Descrição de uma prova de 100 metros rasos”

Objetivo:

- Discutir sobre a necessidade da Descrição mais detalhada para iniciar o processo de Modelização de um evento.

Conteúdo Físico:

- Etapas da Modelização – Descrição

Recurso instrucional:

- Vídeos do *YouTube*.

Momentos da aula:

Momento 1: Apresentação de dois vídeos de provas de 100 metros rasos. (10 min)

Dinâmica 1: O professor vai exibir dois vídeos de provas de 100 metros rasos, disponíveis no canal do *YouTube*, para que todos os estudantes assistam a provas dessa modalidade esportiva, de modo que aqueles que nunca tiveram contato com essa modalidade, observem e assimilem informações desse tipo de prova esportiva, que será o tema discutido na aula deste planejamento e nas aulas seguintes.

Momento 2: Será feito um questionamento aos estudantes e uma breve discussão. (15 min)

Dinâmica 2: Após apresentação dos vídeos, o professor fará o seguinte questionamento: “Qual o comportamento da velocidade de um atleta durante

uma prova de 100 metros rasos?” Essa questão será o ponto de partida para o debate com os estudantes sobre as mudanças do comportamento da velocidade ao longo da prova, e direcionar a discussão para a próxima etapa, que é justamente a percepção de que são necessários mais elementos para analisar o comportamento dessas grandezas, que ratifica a necessidade de fazermos uma descrição mais detalhada da corrida.

Momento 3: Formação dos grupos e fechamento da aula. (20 min)

Dinâmica 3: Será solicitado aos estudantes que formem grupos com no máximo 3 integrantes. A partir de então, será explicado a primeira atividade, que consiste na elaboração de uma descrição das etapas que acontecem durante uma corrida de 100 metros rasos. Deve conter detalhes das grandezas físicas que considerem importantes, desde a largada até a linha de chegada.

Referências:

YouTube. (2016, Agosto 16). Final dos Jogos Olímpicos Rio 2016 - 100 Metros rasos para Homens: Programmer Easy System. Publicado em: 16 de agosto de 2016. Disponível em: Youtube <https://www.youtube.com/watch?v=luckP-gcMPw>. Acessado em 11 abr. 2019, 10:53:20.

YouTube. (2013, Agosto 11). Usain Bolt conquista título mundial dos 100 metros rasos: acabocado caboclo. Publicado em: 11 de agosto de 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=EEyEyCAWpq0>. Acessado em 11 abr. 2019, 11:02:10.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Plano de Aula Nº 3

Professor: Oendel Roberto Wagner

Escola: _____

Série: Primeiro Ano

Data: 09/08/19

Turma: _____

Duração: 45 min

Tema da aula: “Descrição de uma Prova de 100 metros rasos”

Objetivo:

- Descrever, em pequenos grupos, uma prova de 100 metros rasos.

Conteúdo Físico:

- Etapas da Modelização – Descrição

Recursos instrucionais:

- Folha A4
- Caneta esferográfica e/ou lápis)

Momentos da aula:

Momento 1: O professor solicitará que os estudantes sentem próximos aos integrantes de seus grupos para começarem a atividade. (5 min)

Dinâmica 1: O professor retomará os grupos montados na última aula e fará uma breve explicação da atividade sobre a descrição da prova de 100 metros rasos. Mostrará, novamente, um dos vídeos exibidos na aula do dia 02/08, para que os estudantes iniciem as discussões em seus grupos. Também alertará sobre a importância de que analisem de forma criteriosa e que prestem realmente atenção nos detalhes dos movimentos e mudanças de comportamento da velocidade do atleta durante os 100 metros rasos. Esses detalhes são imprescindíveis para uma boa descrição.

Momento 2: Os grupos vão descrever as etapas de uma prova de 100 metros rasos. (40 min)

Dinâmica 2: Cada grupo vai fazer a descrição detalhada de uma prova de 100 metros rasos, e o professor fará as mediações necessárias no decorrer dessa aula. Durante a realização da atividade, os alunos terão acesso aos vídeos das provas de 100 metros rasos, apresentados na aula do dia 02/08. É importante, que entre os estudantes, durante as discussões sobre a descrição da corrida, eles possam ter disponibilidade de ver e rever os vídeos citados, para auxiliá-los na elaboração da atividade.

Referências:

YouTube. (2016, Agosto 16). Final dos Jogos Olímpicos Rio 2016 - 100 Metros rasos para Homens: Programmer Easy System. Publicado em: 16 de agosto de 2016. Disponível em: Youtube <https://www.youtube.com/watch?v=luckP-gcMPw>. Acessado em 11 abr. 2019, 10:53:20.

YouTube. (2013, Agosto 11). Usain Bolt conquista título mundial dos 100 metros rasos: acaboclado caboclo. Publicado em: 11 de agosto de 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=EEyEyCAWpq0>. Acessado em 11 abr. 2019, 11:02:10.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Plano de Aula Nº 4

Professor: Oendel Roberto Wagner

Escola: _____

Série: Primeiro Ano

Data: 16/08/19

Turma: _____

Duração: 45 min

Tema da aula: “Apresentação da Descrição de uma Prova de 100 metros rasos”

Objetivos:

- Apresentar as descrições da corrida de 100 metros rasos;
- Discutir sobre os resultados da descrição apresentada pelos educandos.

Conteúdo Físico:

- Etapas da Modelização – Descrição

Recursos instrucionais:

- Projetor multimídia;
- Quadro e Giz.

Momentos da aula:

Momento 1: Os grupos farão a apresentação de suas descrições. (35 min)

Dinâmica 1: Cada grupo fará uma breve apresentação da sua descrição da prova de 100 metros rasos. O tempo para o grupo apresentar a sua descrição será de 5 minutos.

Momento 2: O professor fará as considerações e os grupos considerados não satisfatórios deverão refazer as suas descrições. (10 min)

Dinâmica 2: O professor fará as considerações gerais sobre as apresentações das descrições da corrida de 100 metros rasos e solicitará aos grupos considerados não satisfatórios que refaçam a atividade e reapresentem na próxima aula. O professor fará uma explicação alertando para as grandezas que

devem ser analisadas com mais critério na nova descrição. Também detalhará os aspectos considerados satisfatórios para uma boa descrição e que devem aparecer nessa reelaboração:

- Descrever o momento inicial da prova; qual o comportamento da velocidade nesse momento;
- Existe um impulso inicial, reação ao disparo e o atleta começa a se mover, então novamente o comportamento da velocidade vai ser alterado;
- O comportamento das forças dificulta o movimento do atleta e o comportamento da força que impulsiona o atleta para frente;
- Descrever sobre a mudança de postura do atleta, começa a corrida abaixado até ficar totalmente de pé;
- Descrever se há um momento em que o comportamento da velocidade atinge um nível máximo ou se mantém inalterado;
- Perceber que em alguns casos existe um “relaxamento” no final da prova e conseqüentemente uma desaceleração dos atletas.

Referências:

HESTENES, David. Traduzido por: SOUZA, Ednilson. Toward a modeling theory of physics instruction. Am. J. Phys, v. 55, n. 5, p 440-454, may 1987.

VAN BUUREN, O. P. M. Development of a Modelling Learning Path. Tese (PhD Thesis)—University of Amsterdam, The Netherlands, p. 1-53, abr. 2014. ISBN: 978-94-6259-111-0.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Plano de Aula N° 5

Professor: Oendel Roberto Wagner

Escola: _____

Série: Primeiro Ano

Data: 21/08/19

Turma: _____

Duração: 45 min

Tema da aula: “Apresentação da Nova Descrição de uma Prova de 100 metros rasos”

Objetivos:

- Apresentar as descrições consideradas não satisfatórias, com nível melhor de satisfação;
- Discutir sobre os resultados dessas novas descrições apresentadas pelos educandos.

Conteúdo Físico:

- Etapas da Modelização – Descrição

Recursos instrucionais:

- Projetor multimídia;
- Quadro e Giz;
- Vídeos.

Momentos da aula:

Momento 1: Os grupos farão uma nova apresentação de suas descrições. (25 min)

Dinâmica 1: Cada grupo fará uma breve apresentação da sua nova descrição da prova de 100 metros rasos.

Momento 2: O professor fará uma complementação das descrições. (20 min)

Dinâmica 2: O professor fará uma complementação das descrições realizadas pelos grupos, evidenciando os elementos necessários para a descrição ser considerada satisfatória. Para o fechamento dessa primeira etapa do processo de modelização, o professor exibirá um vídeo de uma reportagem sobre as etapas da corrida de 100 metros rasos, que traz os elementos importantes e necessários para uma descrição ser considerada mais completa.

Referências:

YouTube. (2012, Maio 08). As cinco fases da prova de 100 metros rasos: Marcio Queiroz. Publicado em: 08 de maio de 2012. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=0olo6dtimfs>. Acessado em 11 abr. 2019, 12:04:30.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Plano de Aula Nº 6

Professor: Oendel Roberto Wagner

Escola: _____

Série: Primeiro Ano

Data: 28/08/19

Turma: _____

Duração: 45 min

Tema da aula: “Discussão de Gráficos”

Objetivo:

- Discutir o gráfico da velocidade e da posição.

Conteúdo Físico:

- Etapas da Modelização – Formulação

Recursos instrucionais:

- Projetor multimídia;
- Quadro e Giz.

Momentos da aula:

Momento 1: Questionamento inicial para discussão. (5 min)

Dinâmica 1: O professor questionará a turma novamente sobre como é possível determinar o comportamento da velocidade em relação à posição de um atleta durante a prova dos 100 metros rasos. Importante que, durante a discussão, os estudantes percebam que é preciso uma análise quantitativa do comportamento da velocidade de um atleta durante a prova, e para fazer isso é necessário o uso de gráficos.

Momento 2: Análise do gráfico da velocidade x posição. (20 min)

Dinâmica 2: Nesse momento será apresentado um gráfico da Velocidade x Posição para que seja analisado a mudança do comportamento da velocidade em relação às diferentes posições que o atleta vai ocupando ao longo da corrida.

O gráfico permite uma análise quantitativa dessa alteração de velocidade ao longo da prova. No decurso da análise do gráfico, o professor vai mostrar momentos em que houve um aumento da velocidade, momentos em que a velocidade permaneceu a mesma e quando a velocidade diminuiu. O professor vai destacar através do gráfico, as etapas que foram descritas na fase de descrição da prova, evidenciando o comportamento da velocidade nesses diferentes momentos da prova. Além do gráfico, será utilizado um recorte mais detalhado desse mesmo gráfico, em que é possível perceber mais minuciosamente o comportamento da velocidade em relação às posições do atleta.

Momento 3: Discussão sobre a relação cinemática e dinâmica do movimento do atleta durante a corrida de 100 metros rasos. (20 min).

Dinâmica 3: O último momento desta aula, será para discussão das causas das modificações nos valores da velocidade. Deve-se apontar que essas mudanças são provocadas pelas forças que atuam sobre o atleta no percurso da prova. A discussão permitirá a introdução da próxima atividade; a construção do diagrama de forças.

Referências:

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Velocidade na Olimpíada. 2016. Disponível em: <http://www.ipt.br/olimpiada_e_metrologia/index.php/velocidade-na-olimpiada/> Acesso em out. 2018



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Plano de Aula Nº 7

Professor: Oendel Roberto Wagner

Escola: _____

Série: Primeiro Ano

Data: 04/09/19

Turma: _____

Duração: 45 min

Tema da aula: “Diagrama de Forças”

Objetivos:

- Identificar as forças que atuam no atleta durante a corrida;
- Entender a importância de cada força.

Conteúdo Físico:

- Etapas da Modelização – Formulação

Recursos instrucionais:

- Projetor multimídia;
- Quadro e Giz.

Momentos da aula:

Momento 1: Representar o diagrama com as forças que atuam no atleta. (10 min)

Dinâmica 1: Cada grupo fará um esquema da representação das forças que atuam no atleta durante a corrida, destacando a importância e a função de cada força no movimento desse atleta.

Momento 2: Discussão sobre o diagrama de forças. (25 min)

Dinâmica 2: Neste momento cada grupo fará uma breve apresentação do seu diagrama de forças, destacando a importância de cada força no movimento do atleta, sua origem e como eles imaginam que essas forças vão se comportar ao longo da prova. O professor fará uma intervenção ao final das apresentações

para discutir os elementos trazidos pelos alunos em seus diagramas de forças. Por exemplo, o comportamento da força de atrito, e ainda, as forças que podem surgir e que não foram discutidas até o momento. Como a força de resistência do ar. Nessa situação, o professor fará a discussão dos elementos que interferem nessa força, e apresentará a equação que a representa. Ainda é possível que os educandos tragam aspectos relacionados à propulsão do atleta, sobre o comportamento dessa força ao longo da corrida, nesse caso, o professor não vai intervir, visto que os alunos devem estar livres para escrever uma expressão matemática para essa força. A força de propulsão do atleta é o que norteia o trabalho e as características do gráfico, pois pode ser considerada constante ou variável, de acordo com os autores discutidos no projeto. Essa definição deve ser trazida pelo aluno, justamente para a percepção de como cada grupo pensa sobre a forma como esta se comporta ao longo da prova. Portanto, a discussão dessa força será somente após a validação de cada modelo.

Momento 3: Escrever a primeira equação do movimento. (10 min)

Dinâmica 3: Os grupos terão um tempo para tentar expressar a equação matemática do movimento do atleta, através do que foi discutido anteriormente, pensando nas forças que atuam ao longo do movimento. Esse momento é totalmente autônomo dos grupos, o protagonismo dos alunos para escrever as equações deve ser evidenciado.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Plano de Aula N° 8

Professor: Oendel Roberto Wagner

Escola: _____

Série: Primeiro Ano

Data: 06/09/19

Turma: _____

Duração: 45 min

Tema da aula: “Atividade sobre o Diagrama de Forças”

Objetivo:

- Identificar as forças que atuam nas situações-problema.

Conteúdo Físico:

- Etapas da Modelização – Formulação

Recurso instrucional:

- Atividade impressa em folha A4.

Momentos da aula:

Momento 1: Explicar a atividade para os estudantes. (5 min)

Dinâmica 1: O professor vai explicar a atividade aos estudantes que, em seus grupos devem discutir sobre a atividade proposta.

Momento 2: Resolver nos grupos a atividade proposta. (25 min)

Dinâmica 2: Em seus grupos os estudantes vão discutir sobre as forças que atuam em cada situação apresentada nas situações-problema, definindo quais são as forças, os sentidos e direções que cada força é aplicada, e relatar qual é a função de cada uma naquele problema.

Momento 3: Discussão do professor com os grupos sobre a atividade proposta. (15 min)

Dinâmica 3: O professor discutirá com o grande grupo, cada uma das situações apresentadas, interpelando-os aleatoriamente para explicar a distribuição dos diagramas de forças e as suas funções. O grupo vai apresentar o seu esquema e o professor fará os contrapontos necessários, passando a discutir as próximas situações da mesma maneira, interpelando outro grupo, e assim sucessivamente.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Plano de Aula Nº 9

Professor: Oendel Roberto Wagner

Escola: _____

Série: Primeiro Ano

Data: 20/09/19

Turma: _____

Duração: 45 min (uma aula)

Tema da aula: “Escrevendo as Equações”

Objetivos:

- Definir a Força de Resistência do Ar;
- Escrever as equações para cada situação-problema;
- Discutir as equações formuladas pelos grupos.

Conteúdo Físico:

- Etapas da Modelização – Formulação

Recursos instrucionais:

- Folha A4
- Caneta esferográfica e/ou lápis

Momentos da aula:

Momento 1: Explicar a Força de Resistência do Ar. (10 min)

Dinâmica 1: Neste primeiro momento será discutido a força de resistência do ar. Uma breve exposição do comportamento e dos fatores que influenciam os corpos quando em contato com o ar, para que os estudantes consigam transpor essa ideia para a construção do modelo de queda livre e também para que possam pensar sobre o comportamento do ar na corrida dos atletas.

Momento 2: Explicar a atividade aos estudantes para escreverem as equações das situações-problema da atividade anterior. (5 min)

Dinâmica 2: O professor vai explicar a atividade aos estudantes, que em seus grupos devem discutir sobre a atividade proposta e formular as equações para cada situação-problema apresentada.

Momento 3: Formular as equações nos grupos. (25 min)

Dinâmica 3: Os estudantes, nos seus grupos, escreverão as equações para cada uma das situações da atividade anterior. Após construírem os diagramas de forças, e ter sido realizada a discussão com o professor de cada uma das situações, os estudantes terão um momento para debaterem e escreverem as equações que descrevam cada uma das situações apresentadas.

Momento 4: Discutir com a turma as equações construídas pelos grupos. (5 min)

Dinâmica 4: O encerramento da aula será com a discussão com toda a classe, das equações encontradas pelos grupos para cada situação. A correção de algumas equações das situações-problema será feita somente durante a utilização do *software Modellus*, quando os estudantes testarão as suas equações e a partir das suas constatações, o grupo vai tentar fazer os ajustes necessários para corrigi-las, caso seja necessário.

Referências:

ALMEIDA, Dilza da Silva. Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE – Produções Didático Pedagógicas: A Física do Paraquedismo. Universidade Estadual de Londrina. Volume 2. Londrina – PR: 2014. Disponível em : <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uel_fis_pdp_dilza_da_silva_almeida.pdf> Acesso em set. 2019.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. Curso de Física, volume 1. São Paulo: Scipione, 2010. (Coleção Curso de Física).

Portal São Francisco. Resistência do Ar. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/fisica/resistencia-do-ar>> Acesso em set. 2019.

RAMALHO Junior, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO, Paulo Antônio de. Os Fundamentos da Física. 10 ed. São Paulo: Moderna, 2009.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Plano de Aula N° 10

Professor: Oendel Roberto Wagner

Escola: _____

Série: Primeiro Ano

Data: 27/09/19

Turma: _____

Duração: 45 min (uma aula)

Tema da aula: “Aprendendo usar o *Software Modellus*”

Objetivos:

- Apresentar o *Software Modellus*;
- Escrever e testar equações no programa.

Conteúdo Físico:

- Etapas da Modelização – Formulação

Recursos instrucionais:

- Projetor multimídia;
- Sala de Informática.

Momentos da aula:

Momento 1: Apresentar o *Software Modellus* aos estudantes. (10 min)

Dinâmica 1: O professor fará uma apresentação do *software* e uma breve descrição das possibilidades que o programa oferece. O *Modellus* é um *software* bastante atraente e que possibilita uma interação significativa entre o aluno e os conteúdos que estão sendo discutidos em sala de aula. O programa não exige conhecimento avançado em linguagem de programação, portanto o estudante consegue ser protagonista nas ações de interação e aplicação do processo de ensino-aprendizagem. As principais funções do *Modellus* são:

- realizar cálculos numéricos baseados em equações e dados especificados pelo usuário;

- apresentar os resultados na forma de gráficos e tabelas;
- facultar a montagem de animações;
- fazer medidas de distâncias e ângulos sobre uma imagem.

Momento 2: Instrumentalizar os alunos e explicar as principais funções do programa. (35 min)

Dinâmica 2: O professor fará a instrumentalização da turma utilizando um exemplo de um movimento em queda livre sem a presença do ar. Cada grupo utilizará um computador com acesso ao programa *Modellus*. Enquanto o professor vai explicando as funções passo a passo, os alunos vão interagindo com o programa, para se tornar um momento mais dinâmico, paralelamente a utilização momentânea do programa pode ser mais interessante do que apenas ficar assistindo o professor demonstrar as funções de cada botão. Essa aula vai ser de extrema importância para que os estudantes aprendam usar o programa, e principalmente, consigam escrever as equações, construir os gráficos e animações, ou seja, que os alunos possam interagir com o *Modellus*, para que na próxima aula cada grupo consiga construir um modelo de queda livre, mas agora com a presença da força de resistência do ar. Como cada grupo já discutiu e escreveu a equação na aula anterior, esse momento será também de verificação, isto é, observar se a equação formulada pelos grupos descreve realmente a queda livre de um corpo. A hora é de testar as ideias dos grupos.

Referências:

Métodos Computacionais no Ensino de Física. UFRGS. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/computador_ensino_fisica/modellus/modellusI_introducao.htm. Acesso em jun. 2019.

TEODORO, Vitor Duarte. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. FCT. Modellus (Software & Documents). Disponível em: <https://docentes.fct.unl.pt/vdt/pages/modellus-software-documents>. Acesso em abr. 2019.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Plano de Aula N° 11

Professor: Oendel Roberto Wagner

Escola: _____

Série: Primeiro Ano

Data: 16/10/19

Turma: _____

Duração: 45 min (uma aula)

Tema da aula: “Testando o *Software Modellus* através da Queda Livre de um corpo considerando a Força de Resistência do Ar”

Objetivos:

- Construir um Modelo para a queda livre de um corpo com a presença do Ar;
- Discutir sobre o Modelo da queda livre com e sem a presença da resistência do Ar.

Conteúdo Físico:

- Etapas da Modelização – Ramificação

Recursos instrucionais:

- Projetor multimídia;
- Quadro e Giz;
- Sala de Informática.

Momentos da aula:

Momento 1: Construção de um modelo para a queda livre considerando a força de resistência do ar. (25 min)

Dinâmica 1: Os grupos vão colocar no programa as equações construídas na atividade 4, para um corpo em queda livre considerando a presença do ar. Esse momento é importante que os estudantes percebam a relação entre o aumento da velocidade com o aumento da força de resistência do ar. Portanto, ao testar o modelo criado por eles, é interessante observar se esses fatores foram considerados. Essa fase no processo de modelização pode ser considerada

como uma ramificação, pois estamos acrescentando mais elementos ao problema inicialmente proposto.

Momento 2: Discussão e comparação entre os dois modelos para a queda livre. (20 min)

Dinâmica 2: O fechamento desta aula será para discutir e comparar os resultados encontrados com os resultados esperados quando consideramos a presença do ar no movimento. Discutir com os estudantes a análise dos gráficos, e perceber que o comportamento da velocidade muda ao longo da queda dos corpos. Essa atividade e as discussões sobre os resultados desse modelo podem facilitar o trabalho deles no momento de retomarmos a discussão sobre a corrida dos 100 metros rasos. Será que os estudantes vão considerar a presença do ar no movimento dos atletas?

Referências:

Métodos Computacionais no Ensino de Física. UFRGS. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/computador_ensino_fisica/modellus/modellusI_introducao.htm. Acesso em jun. 2019.

TEODORO, Vitor Duarte. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. FCT. Modellus (Software & Documents). Disponível em: <https://docentes.fct.unl.pt/vdt/pages/modellus-software-documents>. Acesso em abr. 2019.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Plano de Aula N° 12

Professor: Oendel Roberto Wagner

Escola: _____

Série: Primeiro Ano

Data: 23/10/19

Turma: _____

Duração: 45 min (uma aula)

Tema da aula: “Construção do Modelo para a Corrida de 100 metros rasos”

Objetivos:

- Construir o modelo do grupo para a corrida de 100 metros rasos;
- Testar os modelos.

Conteúdo Físico:

- Etapas da Modelização – Validação

Recurso instrucional:

- Sala de Informática.

Momentos da aula:

Momento 1: Retomar atividade sobre a corrida de 100 metros rasos. (5 min)

Dinâmica 1: O professor vai retomar com os grupos a atividade sobre a prova de 100 metros rasos. Nesse momento o professor vai lembrar o que já foi construído até o momento e destacar as etapas do processo de modelização que já foram superadas até o momento. É importante fazer uma breve retomada para que os estudantes percebam a importância de cada etapa no processo de construção de um modelo.

Momento 2: Os grupos vão construir e testar os seus modelos para a corrida de 100 metros rasos. (40 min)

Dinâmica 2: Cada grupo vai construir o seu modelo e testar. A autonomia e o protagonismo nesta etapa são de cada grupo. Após ter sido discutido algumas

situações nas aulas anteriores, agora o momento é para que os grupos coloquem em prática o que absorveram de conhecimento até aqui. Que possam testar os seus modelos e visualizar se os gráficos remetem ao que foi discutido de forma teórica na “aula 6”, e se for necessário, fazer os ajustes pertinentes nos seus modelos. O professor ficará mediando e sanando dúvidas, mas sem influenciar na construção e teste dos modelos criados pelos grupos.

Referências:

Métodos Computacionais no Ensino de Física. UFRGS. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/computador_ensino_fisica/modellus/modellus1_introducao.htm. Acesso em jun. 2019.

TEODORO, Vitor Duarte. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. FCT. Modellus (Software & Documents). Disponível em: <https://docentes.fct.unl.pt/vdt/pages/modellus-software-documents>. Acesso em abr. 2019.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Plano de Aula N° 13

Professor: Oendel Roberto Wagner

Escola: _____

Série: Primeiro Ano

Data: 30/10/19

Turma: _____

Duração: 45 min (uma aula)

Tema da aula: “Discussão dos Resultados”

Objetivos:

- Discutir os gráficos gerados pelos estudantes no *Modellus*;
- Discutir os resultados encontrados pelos grupos;
- Discutir o processo de modelização.

Conteúdo Físico:

- Etapas da Modelização – Validação

Recursos instrucionais:

- Sala de Informática;
- Texto de apoio sobre Modelização.

Momentos da aula:

Momento 1: Discutir com a turma sobre os resultados encontrados pelos grupos.
(15 min)

Dinâmica 1: O professor discutirá com a turma sobre os resultados dos modelos construídos pelos grupos. Nesse momento também buscará saber as dificuldades e impressões da turma sobre essa abordagem de trabalho para tentar construir e testar uma equação que descreva o movimento dos atletas e perceber o comportamento da velocidade ao longo da prova dos 100 metros rasos.

Momento 2: Usar um texto de apoio e discutir as etapas de construção do processo de modelização. (30 min)

Dinâmica 2: O professor debaterá com a turma usando o texto de apoio que foi lido e discutido na primeira aula do projeto sobre o papel dos modelos e os processos de modelização, e vai retomar todas as etapas percorridas pelos grupos para a construção desse modelo, até o momento.

Referências:

HESTENES, David. Traduzido por: SOUZA, Ednilson. Toward a modeling theory of physics instruction. *Am. J. Phys.*, v. 55, n. 5, p 440-454, may 1987.

KELLER, Joseph B.. A theory of competitive running. **Physics Today**, [s.l.], v. 26, n. 9, p.43-47, set. 1973. AIP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1063/1.3128231>.

TIBSHIRANI, R. Who is the Fastest Man in the World? *The American Statistician*, v. 51, n. 2, p.106-111, set. 2016. Taylor & Francis, Ltd. on behalf of the American Statistical Association.

VAN BUUREN, O. P. M. Development of a Modelling Learning Path. Tese (PhD Thesis)—University of Amsterdam, The Netherlands, p. 1-53, abr. 2014. ISBN: 978-94-6259-111-0.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Plano de Aula N° 14

Professor: Oendel Roberto Wagner

Escola: _____

Série: Primeiro Ano

Data: 01/11/19

Turma: _____

Duração: 45 min (uma aula)

Tema da aula: “Resolução de Situações-Problemas”

Objetivos:

- Resolver problemas tradicionais modificados para a discussão da modelização;
- Perceber se os alunos conseguem pensar através da modelização para resolver as situações-problemas.

Conteúdo Físico:

- Etapas da Modelização – Validação

Recursos instrucionais:

- Lista de Exercícios.

Momentos da aula:

Momento 1: Discutir sobre situações-problema que serão resolvidas utilizando a modelização. (15 min)

Dinâmica 1: O professor vai trazer uma lista de exercícios com questões, antes tradicionais, e que foram modificadas para discuti-las e resolvê-las através do uso do processo de modelização. No desenvolvimento dessa atividade o professor vai observar se os estudantes utilizarão as seguintes estratégias:

- Descrição da situação-problema;
- Representação das forças que atuam no sistema;
- Definição da equação que descreve o movimento do fenômeno;
- Determinação das grandezas físicas relevantes para o fenômeno descrito na situação-problema (aceleração, diferentes velocidades, forças, entre outros).

Momento 2: Demonstrar a resolução de situações problemas utilizando a modelização. (15 min)

Dinâmica 2: O professor resolverá dois problemas que eram tradicionais e foram modificados para exemplificar aos estudantes a maneira de resolver os exercícios propostos.

Momento 3: Resolver situações-problema utilizando a modelização. (15 min)

Dinâmica 3: Os estudantes, em seus grupos, discutirão e resolverão as situações-problema utilizando a modelização. O professor fará a mediação e estará disponível para sanar as dúvidas que forem surgindo durante a resolução da atividade proposta.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Plano de Aula N° 15

Professor: Oendel Roberto Wagner

Escola: _____

Série: Primeiro Ano

Data: 13/11/19

Turma: _____

Duração: 45 min (uma aula)

Tema da aula: “Avaliação”

Objetivo:

- Avaliar a turma sobre o processo de modelização.

Conteúdo Físico:

- Etapas da Modelização – Avaliação Final

Recurso instrucional:

- Cópias da Avaliação.

Momentos da aula:

Momento 1: Avaliar a turma sobre a metodologia desenvolvida durante as 12 aulas. (45 min)

Dinâmica 1: O professor vai aplicar uma avaliação que permite testar a compreensão dos estudantes sobre as etapas de construção necessárias para um processo de modelização. O intuito é perceber através dessa avaliação se os estudantes conseguem discutir um problema que será proposto utilizando as etapas para a construção de um modelo.

Apêndice B

Atividades Aplicadas para Construção do Processo de Modelização



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Exercício 2 (Atividade 5)

Diagrama de Forças

Professor: Oendel Roberto Wagner

Alunos: _____

Série: _____ **Turma:** _____ **Data:** _____

1. Cada grupo de estudantes deverá construir um diagrama de forças que atuam no atleta durante a corrida dos 100 metros rasos. Discutir sobre a atuação dessas forças ao longo da corrida e descrever a função de cada uma, pois os grupos devem entender o papel de cada força no desempenho e movimento do atleta.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Exercício 3 (Atividade 6)

Exercícios sobre os Diagramas de Forças

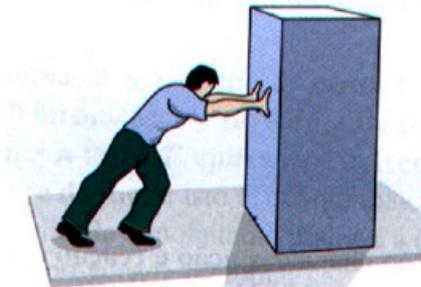
Professor: Oendel Roberto Wagner

Alunos: _____

Série: _____ **Turma:** _____ **Data:** _____

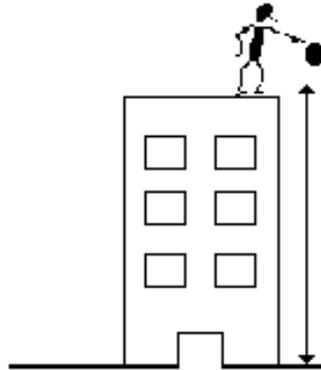
1. Faça o esquema do diagrama de forças nas figuras abaixo para identificar as forças que estão atuando em cada situação-problema e descreva a função delas em cada figura.

a) Homem empurrando uma caixa;



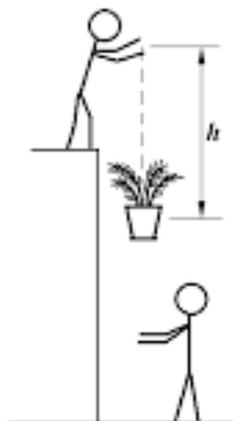
Fonte: <https://brainly.com.br/tarefa/1154332>. Acessado em 10/05/2019

b) Objeto no início de uma queda livre;



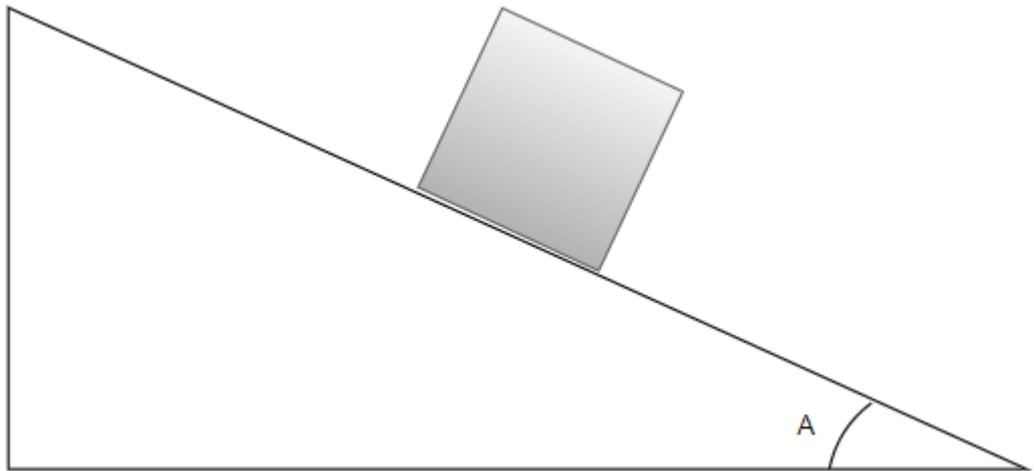
Fonte: <https://ufrb.edu.br/pibid/documentos/category/53-cinematica?download=169:apostila-de-fsica> . Acessado em 10/05/2019

c) Objeto na metade de uma queda livre;



Fonte: <https://ufrb.edu.br/pibid/documentos/category/53-cinematica?download=169:apostila-de-fsica>. Acessado em 10/05/2019

e) Objeto em um plano inclinado.



Fonte: <https://www.infoenem.com.br/estudando-a-decomposicao-de-forcas-num-plano-inclinado/>
Acessado em 10/05/2019.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Exercício 4 (Atividade 8)

Escrever as Equações do Movimento

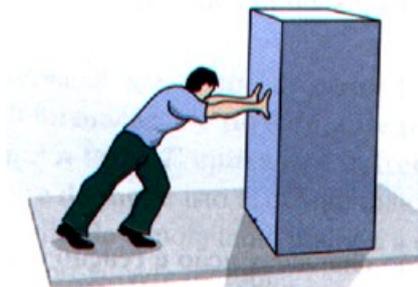
Professor: Oendel Roberto Wagner

Alunos: _____

Série: _____ **Turma:** _____ **Data:** _____

1. Após ter construído o diagrama de forças para cada uma das situações abaixo, formule em seu grupo as equações que permitem encontrar as forças resultantes dos movimentos que estão sendo realizados em cada caso.

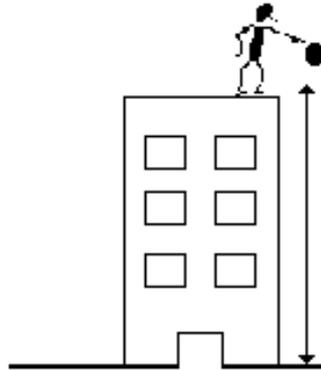
a) Homem empurrando uma caixa:



Fonte: <https://brainly.com.br/tarefa/1154332>. Acessado em 10/05/2019

Equação:

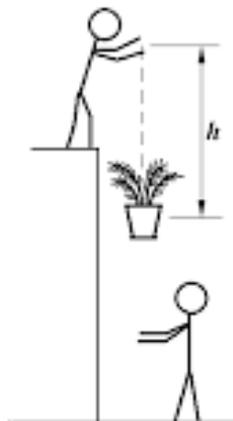
b) Objeto no início de uma queda livre:



Fonte: <https://ufrb.edu.br/pibid/documentos/category/53-cinematica?download=169:apostila-de-fsica> . Acessado em 10/05/2019

Equação:

c) Objeto na metade de uma queda livre:

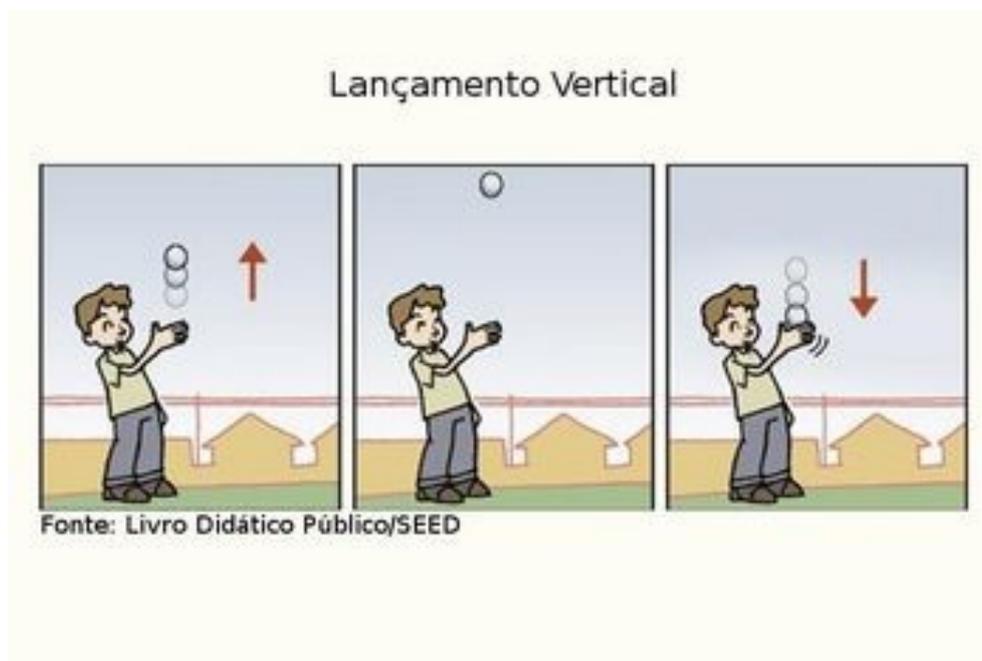


Fonte: <https://ufrb.edu.br/pibid/documentos/category/53-cinematica?download=169:apostila-de-fsica>. Acessado em 10/05/2019

Equação:

d) Objeto sendo lançado verticalmente para cima. Esboce as forças nas três situações apresentadas, no início do lançamento, no ponto mais alto do lançamento e durante a descida do objeto.

(Obs.: a seta indica o sentido do movimento)



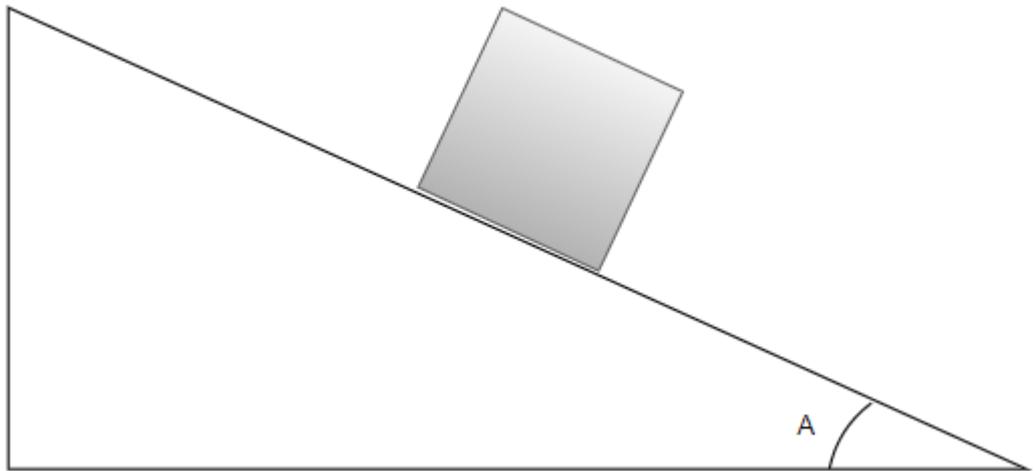
Fonte: <https://www.estudopratico.com.br/queda-livre-desenvolvimento-como-calculer-e-exemplo/>. Acessado em 10/05/2019

Equação 1:

Equação 2:

Equação 3:

e) Objeto em um plano inclinado:



Fonte: <https://www.infoenem.com.br/estudando-a-decomposicao-de-forcas-num-plano-inclinado/> .
Acessado em 10/05/2019.

Equação:



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Exercício 5 (Atividade 9)

Instrumentalização do *Software Modellus*

Professor: Oendel Roberto Wagner

Alunos: _____

Série: _____ **Turma:** _____ **Data:** _____

1. Escreva a equação do movimento para a queda livre de um corpo desprezando a resistência do ar no *Software Modellus*.

2. Construa os seguintes gráficos no *Software Modellus*:

a) velocidade x tempo:

b) posição x tempo:

c) aceleração x tempo:

d) velocidade x posição:



Figura: A experiência realizada por Galileu Galilei

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/o-movimento-queda-livre.htm>

3. Os resultados encontrados utilizando o *Software Modellus* são similares aos discutidos em sala de aula? Discuta com o seu grupo.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Exercício 6 (Atividade 10)

Exercício com o *Software Modellus*

Professor: Oendel Roberto Wagner

Alunos: _____

Série: _____ **Turma:** _____ **Data:** _____

1. Escreva a equação do movimento para a queda livre de um corpo considerando a força de resistência do ar no *Software Modellus*.

2. Construa os seguintes gráficos no *Software Modellus*:

a) velocidade x tempo:

b) posição x tempo:

c) aceleração x tempo:

d) velocidade x posição:

3. Os resultados encontrados utilizando o *Software Modellus* são similares aos discutidos em sala de aula? Qual as diferenças observadas com relação ao exercício anterior? Discuta com o seu grupo.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Exercício 7 (Atividade 11)

Equação do Movimento no *Software Modellus* para uma Corrida de 100 metros rasos

Professor: Oendel Roberto Wagner

Alunos: _____

Série: _____ **Turma:** _____ **Data:** _____

1. Cada grupo vai escrever a equação do movimento no *software Modellus* para a corrida de 100 metros rasos.

2. Testar o modelo e construir os gráficos no *Modellus*.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Exercício 8 (Atividade 13)

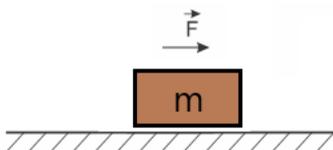
Resolver as situações problemas utilizando o processo de modelização

Professor: Oendel Roberto Wagner

Aluno: _____

Série: _____ **Turma:** _____ **Data:** _____

1. Um bloco de madeira com massa de 10 Kg é submetido a uma força F que tenta colocá-lo em movimento.



Fonte: Elaborado pelo Autor, (2019).

- a) Faça o diagrama das forças que atuam no bloco e diga as funções de cada força.
- b) Escreva a equação que representa o movimento.
- c) Determine os valores das forças; peso e normal.
- d) Quais as considerações necessárias para que você suponha que o corpo esteja na iminência de começar o movimento.
- e) Considerando que nessa situação de iminência do movimento o coeficiente de atrito estático entre o bloco e a superfície é 0,6, calcule o valor da força aplicada ao bloco. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.

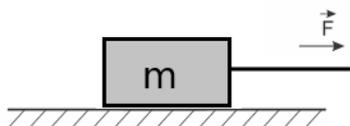
2. Uma corda de massa desprezível pode suportar uma força tensora máxima de 200 N sem se romper. Um garoto puxa, por meio desta corda esticada horizontalmente, uma caixa de 500 N de peso ao longo do piso horizontal.



Fonte: <https://pt.dreamstime.com/ilustra%C3%A7%C3%A3o-stock-esfor%C3%A7o-para-o-sonho-image69878820> . Acessado em: 15/08/2019.

- Esquematize o diagrama de forças da situação e descreva a função destas.
- Escreva a equação da força resultante deste movimento.
- Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 , calcule a massa desta caixa.
- Calcule o valor da força normal.
- Qual as condições necessárias para que o garoto consiga mover esta caixa?
- Sabendo que o coeficiente de atrito cinético entre a caixa e o piso é 0,20, calcule o valor da força de atrito cinético.
- Como é possível determinar o valor da máxima aceleração que pode ser impressa nesta caixa. Represente:

3. Um bloco de massa 20 Kg é puxado horizontalmente por um barbante.



Fonte: Elaborado pelo Autor, (2019).

- a) Faça o esquema com as forças que atuam sobre o bloco e diga a função de cada uma.
- b) Escreva a equação que representa o movimento deste bloco.
- c) Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 , calcule a força peso e a força normal.
- d) Sendo o coeficiente de atrito entre o bloco e o plano horizontal igual a 0,25, calcule a força de atrito dinâmico.
- e) Se o bloco possui uma aceleração de módulo igual a $2,0 \text{ m/s}^2$, concluímos que a força de tração no barbante tem intensidade igual a:

4. Na série *Batman & Robin*, produzida entre os anos 1966 e 1968, além da música de abertura que marcou época, havia uma cena muito comum: *Batman* e *Robin* escalando uma parede utilizando uma corda. Para conseguirem andar subindo na vertical, eles não usavam apenas os braços puxando a corda, mas caminhavam pela parede contando também com o atrito estático.



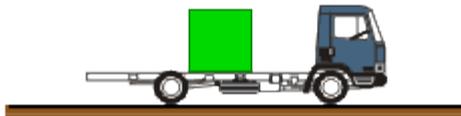
Fonte: <https://quadrinhos.com/2016/11/24/batman-66-e-a-sina-da-estetica-camp/> Acessado em 15/08/2019

- a) Represente o diagrama de forças da situação acima descrita e explique o comportamento de cada força.
- b) Escreva a equação do movimento do *Batman*, considerando para fins de simplificação, que a corda está totalmente na vertical.
- c) Nessa situação, a força peso e a força normal tem sentidos opostos? Explique.

d) Suponha que *Batman*, escalando uma parede nessas condições, em linha reta e com velocidade constante, tenha 90 kg. Calcule o valor da força peso, considere a aceleração da gravidade como 10 m/s^2 .

e) Se o módulo da tração na corda que ele está segurando seja de 750 N e esteja direcionada (para fins de simplificação) totalmente na vertical. Calcule o módulo da força de atrito estático entre os pés do *Batman* e a parede.

5. Um caminhão transporta um bloco de ferro de 3,0 toneladas, trafegando horizontalmente e em linha reta, com velocidade constante.



Fonte: https://www.educabras.com/enem/materia/fisica/mecanica_cinematica/aulas/forcas_de_atrito Acessado em 15/08/2019

a) Considere o sistema caminhão + bloco como um único corpo, represente as forças que atuam nesse sistema. Escreva a função de cada força.

b) Agora represente as forças que atuam no bloco. Cite a função de cada força.

c) Após o motorista ver o semáforo ficar vermelho, ele aciona os freios, aplicando uma desaceleração constante de 3 m/s^2 . O bloco não escorrega, então escreva a equação do movimento para o bloco nesta situação.

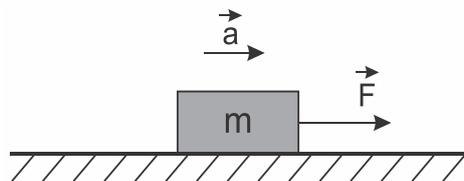
d) Calcule o valor da força peso do bloco, considerando que $g = 10 \text{ m/s}^2$.

e) Calcule o valor da força de atrito que a carroceria aplica sobre o bloco durante a desaceleração do caminhão.

f) Qual a relação entre a força de atrito e a força resultante. Qual a força teve maior intensidade. Explique.

g) Se o coeficiente de atrito entre a carroceria e o bloco é de 0,40. Qual o valor da máxima desaceleração que o caminhão pode ter para que o bloco não escorregue?

6. Um objeto de massa m está deslizando sobre uma superfície horizontal, sendo puxado por um agente que produz uma força F também horizontal, de módulo F constante, de acordo com a figura abaixo.



Fonte: Elaborado pelo Autor, (2019).

a) Represente o diagrama de forças da situação acima descrita e explique o comportamento de cada força.

b) Escreva a equação que representa o movimento deste bloco.

c) O movimento é analisado por um observador inercial. Considerando que o módulo da aceleração é constante e vale a , o módulo da aceleração gravitacional é g e que exista atrito entre o bloco e a superfície, construa a partir da equação do movimento a expressão algébrica para calcular o coeficiente de atrito cinético.

Apêndice C

Material de Apoio – Textos e Aulas em *Power Point*



Aula 1 – Texto para Discussão



O papel dos modelos e a modelização no entendimento dos fenômenos

A Física é uma ciência que busca compreender os fenômenos da natureza e utiliza os modelos como uma de suas principais ferramentas. A modelização dos fenômenos da natureza possibilita a compreensão das leis e dos principais aspectos que descrevem esses eventos que estão presentes nas diversas atividades do cotidiano.

Os modelos na física são representações de forma simples de situações reais. Segundo Heidemann (2012, p. 969) “... modelos são representações simplificadas da realidade, confeccionadas com o intuito de descrever, analisar e explorar objetos ou fenômenos.” A construção desses modelos ou ciclos de modelagem pode ser a partir da linguagem matemática, uso de tecnologias de informação e comunicação, atividades experimentais ou ainda, atividades baseadas em simulações computacionais. Hestenes (1987 apud SOUZA, 2015, p. 5) diz que:

Um modelo é um objeto substituto, uma representação conceitual de uma coisa real. Os modelos em física são modelos matemáticos, o que significa que propriedades físicas são representadas por variáveis quantitativas dentro dos modelos. (HESTENES;1987, tradução SOUZA; 2015, p.5)

Heidemann (2012, p. 970) destaca que “os princípios teóricos são melhor aprendidos a partir de modelos, pois eles fornecem contexto para os princípios teóricos promovendo situações que dão sentido aos conceitos a serem aprendidos.”

O uso de modelos na construção do conhecimento físico, requer que façamos algumas abstrações entre o que é concreto e real com o abstrato, pois na discussão de um fenômeno físico precisamos tornar o evento real tratável, ou seja, muitas vezes acabamos desconsiderando algumas situações no estudo de um determinado fenômeno para que seja possível desenvolvermos a equação matemática que descreva o movimento que estamos querendo estudar e entender. Selecionamos as grandezas físicas que são importantes para que essa situação real se torne ideal, e dessa forma, seja possível sua compreensão.

Um exemplo prático do que está descrito no texto acima, pode ser o estudo de um corpo em queda livre, quando desconsideramos a resistência do ar que atua durante a queda de qualquer corpo quando abandonado em uma situação real do nosso dia a dia na superfície do nosso Planeta, mas para elaborarmos a equação da velocidade final da queda do objeto, consideramos apenas a força Peso.

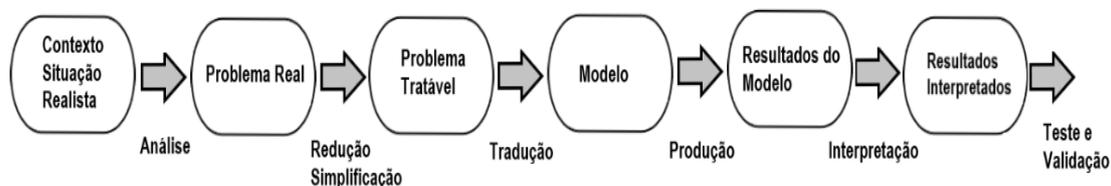
Segundo van Buuren (2014) é importante conhecer o processo sobre modelização na escola, pois é uma atividade profissional de cientistas e engenheiros, então é interessante que você saiba construir, usar e testar seus modelos.

Para entendermos a modelização que será desenvolvida durante as aulas, é importante conhecer as etapas do processo. Para Hestenes (1987), o processo de desenvolvimento de modelos é subdividido em quatro estágios implementados sucessivamente:

- **Descrição** - caracterizado pela escolha da teoria que será utilizada para descrever os objetos, fenômenos e as propriedades que serão modeladas. O resultado desse estágio é um conjunto de variáveis descritivas para o modelo e suas implicações.
- **Formulação** - as leis físicas são utilizadas para determinar as equações referentes à dinâmica do objeto a ser modelado.
- **Ramificação** - discussão das propriedades e implicações especiais do modelo.
- **Validação** - corresponde à avaliação empírica do modelo.

Para van Buuren (2014) a modelização vai além de construir e utilizar modelos, pois envolve um processo de compreensão. Nesse sentido, ele e seus colaboradores propuseram um "processo de modelização" cuja sequência de etapas está ilustrada na figura (1).

Figura 1 - Representação Esquemática do processo de modelagem. Traduzido de (van Buuren, 2014)



Fonte: van Buuren; 2014, traduzido pelo autor.

As etapas e transições do processo de modelagem para van Buuren (2014) são as seguintes:

- **Contexto da Situação Realista** – é preciso ter o conhecimento da situação real, pois sem esta etapa, nenhuma das demais ocorre. Os alunos podem ter bastante dificuldade para conseguir compreender esta etapa.
- **Análise e Redução** – para realizar esta etapa os alunos necessitam do conhecimento prévio do conteúdo a ser tratado, pois é necessário verificar quais as grandezas que serão relevantes para tornar o problema administrável.
- **Tradução do Problema em um Modelo de Computador** – nessa etapa é necessário que os alunos saibam manipular as relações entre as variáveis, para que consigam adaptá-las para o uso no modelo.
- **Interpretação, Teste e Avaliação** – sem a interpretação, o modelo não pode ser testado ou avaliado. O modelo geralmente é finalizado com uma tabela ou gráfico, então é de extrema importância que o aluno consiga adquirir as habilidades para ler e interpretar gráficos.

Esse texto nos traz uma ideia inicial dos processos de modelização. Durante as aulas discutiremos a transformação de uma situação real em um problema a ser tratado através da construção de um modelo, para isso, teremos que fazer uma descrição do fenômeno, pois esse é um aspecto fundamental na elaboração de um modelo. Por esse motivo, durante as aulas ela terá um papel de destaque.

Texto elaborado pelos professores Paulo José Sena dos Santos e Oendel Roberto Wagner.

REFERÊNCIAS

HEIDEMANN, Leonardo A.. Ciclos de Modelagem: Uma Proposta para Integrar Atividades Baseadas em Simulações Computacionais e Atividades Experimentais no Ensino de Física. Caderno Brasileiro Ensino Física, v. 29, n especial 2, p.965-1007, out. 2012.

HESTENES, David. Traduzido por: SOUZA, Ednilson. Toward a modeling theory of physics instruction. Am. J. Phys, v. 55, n. 5, p 440-454, may 1987.

VAN BUUREN, O. P. M. Development of a Modelling Learning Path. Tese (PhD Thesis)—University of Amsterdam, The Netherlands, p. 1-53, abr. 2014. ISBN: 978-94-6259-111-0.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física



Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 - UFSC - Florianópolis

Exercício 1 (Atividade 3) – Critérios para uma Descrição Satisfatória

Descrição de uma Prova de 100 metros rasos

Professor: Oendel Roberto Wagner

A primeira atividade consiste em descrever uma prova de 100 metros rasos. Serão apresentados dois vídeos de provas da corrida de 100 metros rasos que encontram-se disponíveis no canal do *YouTube* nos seguintes endereços: <https://www.youtube.com/watch?v=EEyEyCAWpq0> e <https://www.youtube.com/watch?v=luckP-gcMPw>. Esses vídeos servirão para apresentar a situação aos educandos e deixá-los familiarizados com a modalidade esportiva.

Após essa apresentação inicial, será feita a seguinte pergunta aos estudantes: “Qual o comportamento da velocidade de um atleta durante uma prova de 100 metros rasos?” O professor deverá discutir com os estudantes nesse momento quais são os passos para responder essa pergunta. A discussão será a forma de encaminhar para o entendimento de que é necessária uma descrição mais aprofundada de uma prova de 100 metros rasos.

Então, posteriormente a esta introdução, será solicitado aos estudantes que formem grupos de no máximo 3 integrantes. Após, a formação será orientado que produzam uma descrição das etapas que acontecem durante uma corrida de 100 metros rasos, contendo alguns detalhes das grandezas físicas que são envolvidas em cada momento, desde a largada até os atletas cruzarem a linha de chegada. Os educandos farão uma breve apresentação da sua produção de descrição da prova. Para essa primeira descrição ser considerada satisfatória, será necessário que possua os seguintes elementos:

- Atleta parte do repouso;

- Existe um impulso inicial, reação ao disparo e o atleta começa acelerar (variar a sua velocidade);
- Aplicação de uma força máxima nas suas passadas;
- Mudança na postura do atleta (variação do ângulo de inclinação em relação a horizontal no tronco do atleta);
- Momento de maior aceleração quando o atleta está completamente ereto;
- Momento em que o atleta mantém a sua velocidade constante e associação ao tipo de movimento;
- Perceber que em alguns casos existe um “relaxamento” no final da prova e conseqüentemente uma desaceleração dos atletas.

Após a apresentação feita pelos grupos, os que não forem considerados satisfatórios, devem refazer a sua análise e reelaborar uma nova descrição. Nesse momento o professor deverá intervir comentando os aspectos que precisam estar presentes para uma descrição adequada.

É importante ressaltar que caso a refacção da descrição não contemple os aspectos apontados anteriormente, o professor deverá fazer uma complementação da descrição.

Como subsídio para essa última etapa, será utilizado um vídeo de uma reportagem que foi exibida no programa Globo Esporte e que traz os detalhes das 5 etapas de uma prova de 100 metros rasos. O vídeo está disponível no canal do *YouTube* no seguinte endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=0olo6dtimfs>.



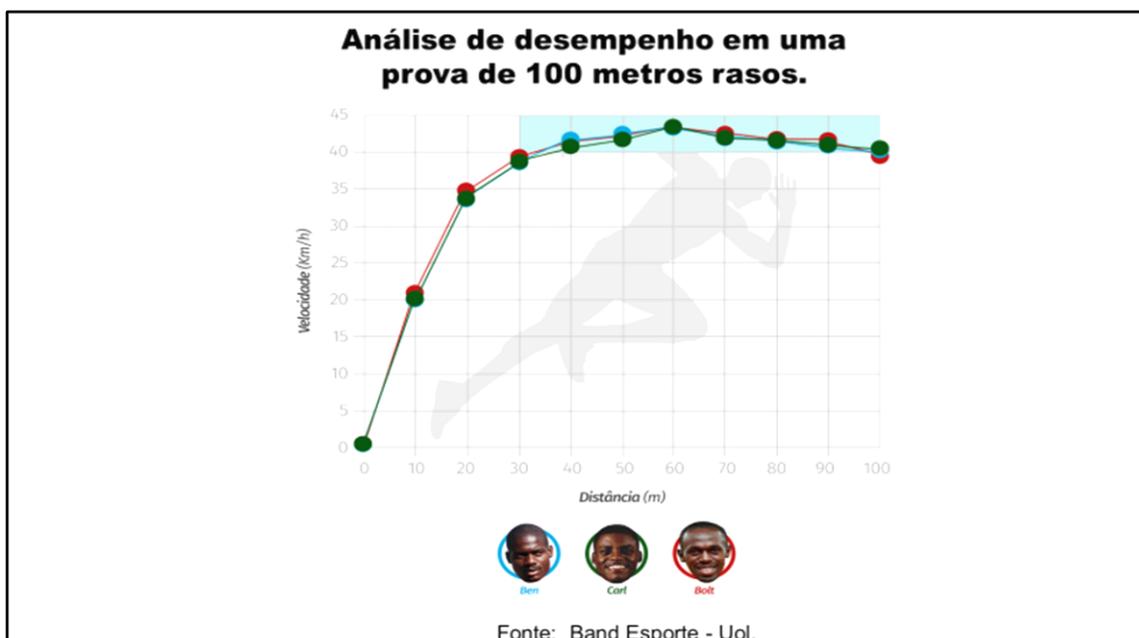
UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA



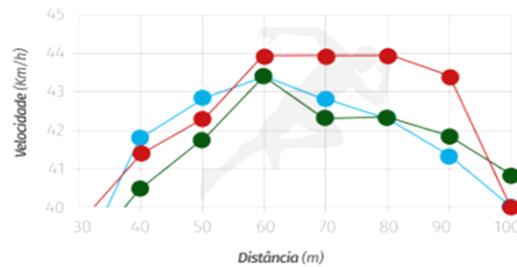
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Aula 6 – Discussão de Gráficos
Etapas da Modelização – Formulação
Professor: Oendel



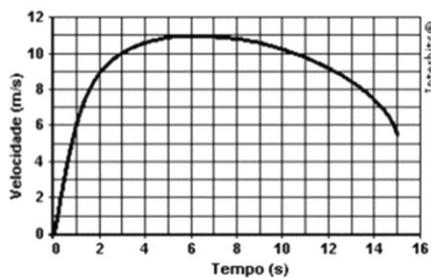
Recorte da análise de desempenho em uma prova de 100 metros rasos.



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Exercícios

TEXTO PARA AS PRÓXIMAS 2 QUESTÕES: Em uma prova de 100m rasos, o desempenho típico de um corredor padrão é representado pelo gráfico a seguir:



1. (Enem 1998) Baseado no gráfico, em que intervalo de tempo a VELOCIDADE do corredor é aproximadamente constante?

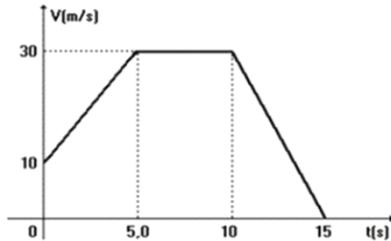
- Entre 0 e 1 segundo.
- Entre 1 e 5 segundos.
- Entre 5 e 8 segundos.
- Entre 8 e 11 segundos.
- Entre 12 e 15 segundos.

2. (Enem 1998) Em que intervalo de tempo o corredor apresenta ACELERAÇÃO máxima?

- Entre 0 e 1 segundo.
- Entre 1 e 5 segundos.
- Entre 5 e 8 segundos.
- Entre 8 e 11 segundos.
- Entre 9 e 15 segundos.

Exercícios

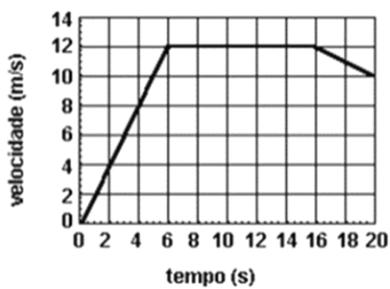
3. (Puc-camp 1997) O gráfico a seguir representa a velocidade escalar de um móvel durante 15 s de movimento. Com base no gráfico é correto afirmar que:



- o móvel está parado entre os instantes 5,0 s e 10 s.
- o movimento do móvel é sempre acelerado.
- o móvel muda de sentido nos instantes 5,0 s e 10 s.
- a velocidade escalar média do móvel foi de 15 m/s.
- o móvel percorreu 100 m nos primeiros 5,0 s.

Exercícios

4. O gráfico a seguir representa aproximadamente a velocidade de um atleta em função do tempo em uma competição olímpica.



De acordo com o gráfico responda:

- Em que intervalo o módulo da aceleração tem o menor valor?
- Em que intervalo de tempo o módulo da aceleração é máximo?
- Qual é a distância percorrida pelo atleta durante os 20s?
- Qual a velocidade média do atleta durante a competição?

Relação Cinemática e Dinâmica do Movimento



Referências:

BandSports. Usain Bolt - Conheça os segredos do homem mais rápido do mundo. 2016. Disponível em: <<https://esporte.band.uol.com.br/rio-2016/usain-bolt/>> Acesso em out. 2018.

Cinemática. Gráficos do MUV. 2014. Disponível em: <<http://nsaulasparticulares.com.br/wp-content/uploads/2014/02/Cinematica-Graficos-de-MUV.pdf>> Acesso em jun. 2019.

Física e Vestibular. Aceleração Média. Disponível em: <http://fisicaevestibular.com.br/novo/wp-content/uploads/migracao/aceleracao/o_38b74d02b231f054.html> Acesso em jun. 2019.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Velocidade na Olimpíada. 2016. Disponível em: <http://www.ipt.br/olimpiada_e_metrologia/index.php/velocidade-na-olimpiada/> Acesso em out. 2018.

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas – INEP. Prova Enem 1998. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/1998/1998_amarela.pdf> Acesso em jun. 2019.



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA



SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Aula 9 – Força de Resistência do Ar
Professor: Oendel



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA



SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

Força de Resistência do Ar

Objetivos:

- ✓ Discutir a atuação da força de resistência do ar nos movimentos;
- ✓ Analisar os fatores que afetam a intensidade da força de resistência do ar;
- ✓ Determinar a equação da força de resistência do ar;
- ✓ Definir a velocidade limite de um corpo em queda.



Força de Resistência do Ar



Questionamentos:

1. Quais os elementos que interferem na intensidade da força de resistência do ar?
2. Qual o comportamento da força de resistência do ar durante um movimento?
3. A força de resistência do ar somente atrapalha os movimentos? Essa força é útil em nosso cotidiano?



Força de Resistência do Ar



A força de resistência do ar é contrária ao sentido de movimento de um corpo. A medida que a velocidade de um corpo que se desloca no ar aumenta, a força de resistência do ar também aumenta.

Os fluidos resistem a movimentos que são realizados “dentro” deles. Um exemplo da aplicação desta força é no uso do paraquedas.



Força de Resistência do Ar



1) PARAQUEDISTA: Instantes iniciais da queda



O Vetur verde representa o peso do paraquedista.

$P = ma$
 $mg = ma$
 $a = g$

A força peso vai acelerar o paraquedas de forma que sua velocidade aumentará de 9,8 m/s cada segundo.

2) PARAQUEDISTA: Movimento Acelerado.



$P > R_{ar}$

Velocidade aumenta

Aceleração (mesmo sentido da velocidade)

3) PARAQUEDISTA: Equilíbrio das forças.



1ª Velocidade terminal

Velocidade ~ 200 km/h.

Velocidade é constante

A força resultante é nula ⇒ MRU

Velocidade terminal:
Velocidade atingida por um corpo em queda quando o peso e a força da resistência do ar se equilibram.

4) PARAQUEDISTA: abertura do paraquedas.



$P < R_{ar}$

Velocidade decresce

Desaceleração após abertura do paraquedas.



Força de Resistência do Ar



5) PARAQUEDISTA: Equilíbrio das forças



$P = R_{ar}$

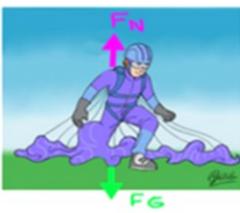
2ª velocidade terminal ≤ 20 km/h.

Velocidade é constante

A força resultante é nula ⇒ MRU

A esta velocidade o paraquedista chega ao solo em segurança!

6) PARAQUEDISTA: Equilíbrio sobre o solo.



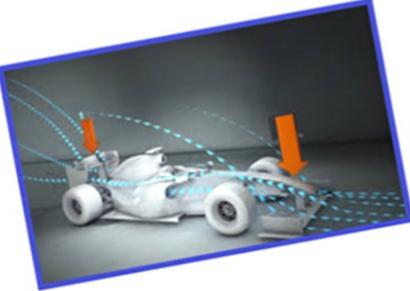
$R = 0$



Força de Resistência do Ar

Fatores que Influenciam na força de resistência do ar:





Forma do corpo

Área

Densidade do Ar





Força de Resistência do Ar



De acordo com estudos experimentais a força de resistência do ar tem intensidade definida como:

$R_{ar} = K v^2$ - para velocidades maiores que 86 km/h.

$R_{ar} = K v$ - para velocidades menores que 86 Km/h.

Onde o k é uma constante de proporcionalidade, e depende :

- Da forma do corpo, caracterizada por uma grandeza adimensional chamada coeficiente de arrasto aerodinâmico C_x ;
- Da maior Área A da seção transversal do corpo perpendicular à direção do movimento,
- Da densidade do ar ρ , que para um mesmo corpo, deslocando-se com mesma velocidade, ficará sob ação de uma força de resistência de menor intensidade num local onde a densidade do ar é menor.



Força de Resistência do Ar



A constante k é dada por:

$$K = \frac{1}{2} \rho A C_x$$

$$R_{ar} = \frac{1}{2} \rho C_x A v^2$$



Força de Resistência do Ar



Formato	Descrição	Cx	Formato	Descrição	Cx
	Formato mais aerodinâmico	0,08		Caminhão	0,90
	Carro esporte	0,25		Ciclista em competição	0,90
	Semi-esfera face plana atrás	0,38		Cubo	1,05
	Carros de passeio	0,40		Placa quadrada	1,2
	Esfera	0,47		Semi-esfera face plana frontal	1,42
	Ônibus	0,70		Motociclista	1,8
	Cilindro vertical	0,90		Secção em C	2,3

Bola	0.4
Carro esporte	0.3 – 0.4
Carro de passeio	0.4 – 0.5
Avião subsônico	0.12
Paraquedista	1.0 - 1.4
Homem ereto	1.0 – 1.3



Velocidade Limite



A velocidade limite de um objeto que se move em um determinado fluido é a velocidade máxima atingida por ele no momento em que a força resultante se torna nula. A partir desse momento, a velocidade não aumenta mais, e o corpo continua a sua queda com velocidade uniforme.

A Velocidade limite é, em muitas situações, rapidamente atingida na queda de um corpo no ar: caso da queda de gotas de chuva e de flocos de neve. Quando atinge a velocidade limite, o corpo adquire o movimento uniforme.

Para o cálculo da velocidade limite consideramos:

$$F_r = 0, \text{ ou seja, } R = P$$



Referências



ALMEIDA, Dilza da Silva. Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE – Produções Didático Pedagógicas: A Física do Paraquedismo. Universidade Estadual de Londrina. Volume 2. Londrina – PR: 2014. Disponível em : <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernosdpde/pdebusca/producoes_pdc/2014/2014_uel_fis_pdp_dilza_da_silva_almeida.pdf> Acesso em set. 2019.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. Curso de Física, volume 1. São Paulo: Scipione, 2010. (Coleção Curso de Física).

Portal São Francisco. Resistência do Ar. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/fisica/resistencia-do-ar>> Acesso em set. 2019.

RAMALHO Junior, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO, Paulo Antônio de. Os Fundamentos da Física. 10 ed. São Paulo: Moderna, 2009.



Software Modellus





Modellus X 0.4.05

Professor: Oendel

<http://modellus.co>



Software Modellus



O *Modellus* é um software bastante atraente e que possibilita uma interação significativa entre o estudante e os conteúdos que estão sendo discutidos em sala de aula. O programa não exige conhecimento avançado em linguagem de programação e o estudante consegue ser protagonista nas ações de interação e aplicação do processo de ensino-aprendizagem. As principais funções do *Modellus* são:

- Realizar cálculos numéricos baseados em equações e dados especificados pelo usuário;
- Apresentar os resultados na forma de gráficos e tabelas;
- Permitir a montagem de animações;
- Fazer medidas de distâncias e ângulos sobre uma imagem;



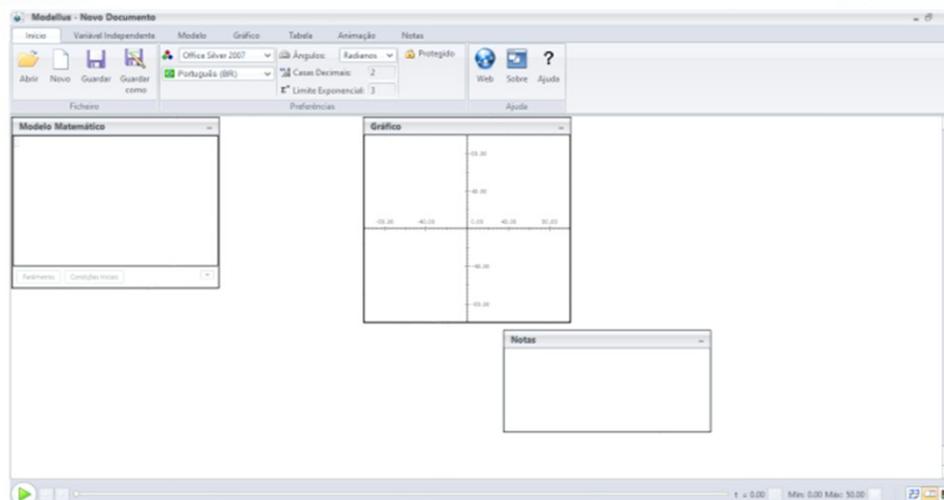
Software Modellus



O Software Modellus é uma ferramenta didática, obtida de forma gratuita, que pode ser utilizado em aulas de Física, Matemática e outras áreas. Pode ser usado para mostrar os detalhes de um movimento, construção de gráficos, possibilita uma interação dos estudantes com a ferramenta e ainda enriquece uma discussão sobre determinados conteúdos. O Software é de fácil manipulação, necessita de uma habilidade algébrica básica, que pode ser aprendido de maneira rápida. A sua distribuição é gratuita, foi desenvolvido pelo grupo do Professor Vítor Duarte Teodoro da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.



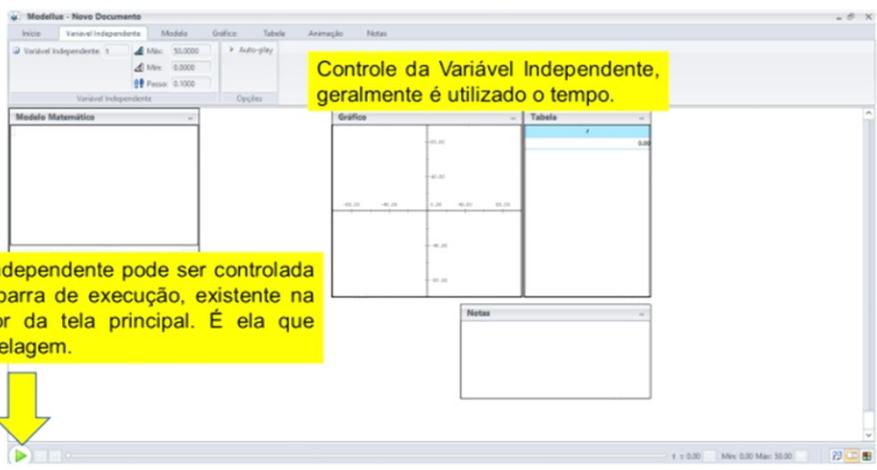
Tela Inicial do Modellus





Instruções Básicas do Modellus





Controle da Variável Independente, geralmente é utilizado o tempo.

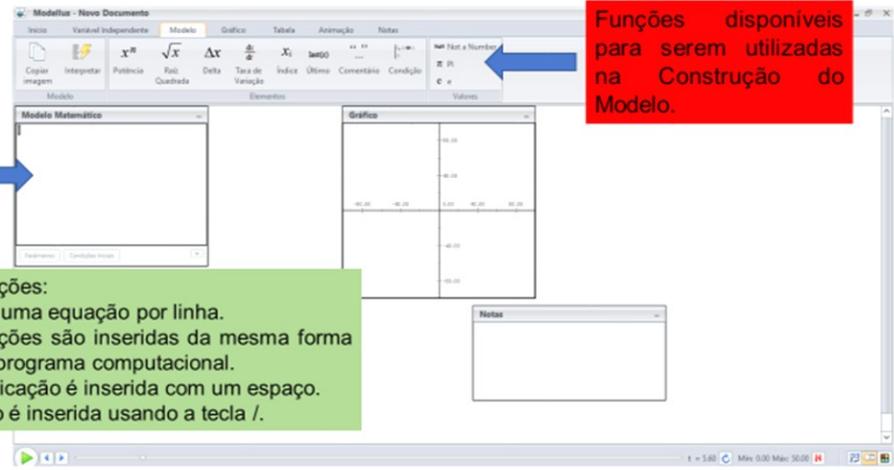
A variável independente pode ser controlada através da barra de execução, existente na parte inferior da tela principal. É ela que inicia a modelagem.

↓



Instruções Básicas do Modellus





Funções disponíveis para serem utilizadas na Construção do Modelo.

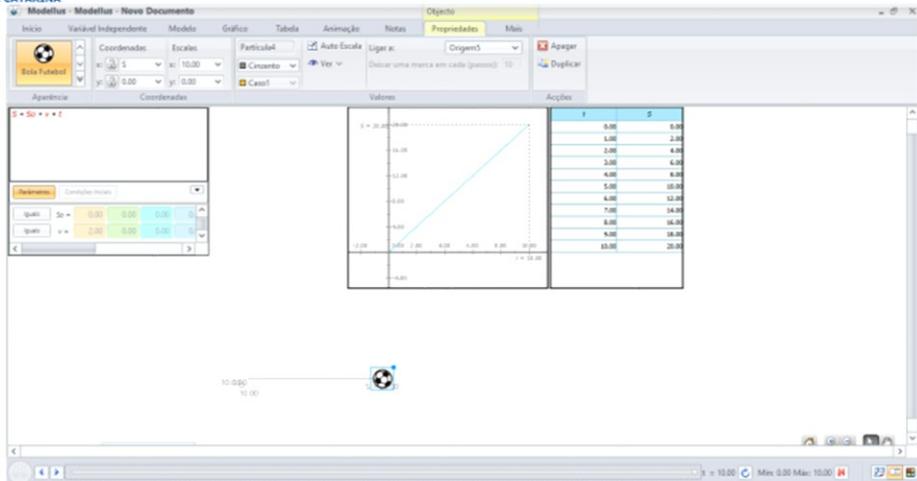
Local onde são inseridas as equações.

Observações:
 Escreva uma equação por linha.
 As equações são inseridas da mesma forma que um programa computacional.
 A multiplicação é inserida com um espaço.
 A divisão é inserida usando a tecla `/`.



Instruções Básicas do Modellus





t	s
0,00	0,00
1,00	2,20
2,00	4,80
3,00	8,80
4,00	13,20
5,00	18,00
6,00	23,20
7,00	28,80
8,00	34,80
9,00	41,20
10,00	48,00



Exercício



1. Escreva a equação do movimento para a queda livre de um corpo desprezando a resistência do ar no Modellus.
2. Construa o gráfico da velocidade x tempo, posição x tempo e aceleração x tempo.
3. Os resultados encontrados utilizando o Software Modellus são similares aos discutidos em sala de aula? Discuta com o seu grupo.



A experiência realizada por Galileu Galilei

Fonte: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/o-movimento-queda-livre-htm>



Referências



Métodos Computacionais no Ensino de Física. UFRGS. Disponível em:
http://www.if.ufrgs.br/computador_ensino_fisica/modellus/modellus_introducao.htm.
Acesso em jun. 2019.

TEODORO, Vitor Duarte. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. FCT. Modellus (Software & Documents). Disponível em:
<https://docentes.fct.unl.pt/vdt/pages/modellus-software-documents>. Acesso em abr. 2019.

Apêndice D

Avaliação Final e Questionário



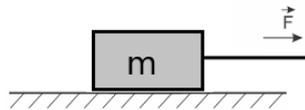
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Avaliação

Nome: _____ Data: _____ Turma: _____

1. Um bloco de massa 15 Kg é puxado horizontalmente por um barbante.



a) Faça o esquema com as forças que atuam sobre o bloco e diga a função de cada uma:

b) Escreva a equação que representa o movimento deste bloco:

c) Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 , calcule a força peso e a força normal:

d) Sendo o coeficiente de atrito dinâmico entre o bloco e o plano horizontal igual a 0,20, calcule a força de atrito dinâmico:

e) Se o bloco possui uma aceleração de módulo igual a $2,5 \text{ m/s}^2$, concluímos que a força de tração no barbante tem intensidade igual a:

Texto para subsidiar as próximas perguntas:

A natação é uma atividade física praticada na água. Na Grécia Antiga, essa atividade já era praticada por ser benéfica ao corpo humano. Esse esporte já fazia parte das Olimpíadas na Grécia Antiga. No século XIX, os ingleses criaram as primeiras regras para a prática da natação enquanto esporte competitivo. Ainda no século XIX, as primeiras competições foram organizadas na Inglaterra.

A natação é considerada um dos esportes mais saudáveis, pois trabalha com diversos grupos musculares e articulações do corpo. Há também o benefício dessa prática desenvolver o sistema cardíaco e respiratório. Como qualquer atividade esportiva, antes de praticar, o indivíduo deve procurar orientação de um profissional da área e passar por testes de avaliação médica.

A natação faz parte dos Jogos Olímpicos desde 1896. O esporte é regido pela Federação Internacional de Natação (FINA). Para organizar as provas no Brasil, existe a Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos (CBDA). O dia da natação é comemorado em 08 de abril. Em provas de nado livre, cabe ao atleta escolher o estilo mais adequado. Em muitos casos a preferência vai para o nado *crawl* por permitir maior velocidade ao nadador. No caso do nado livre, a saída é feita com um mergulho e o toque com as mãos não é exigido nas voltas, sendo que qualquer parte do atleta que encostar na parede é considerada.

Fonte: (<https://www.resumoescolar.com.br/educacao-fisica/regras-da-natacao-estilo-livre-provas-de-50-100-200-400-800-e-1500-metros/>)

Fonte: (<https://www.suapesquisa.com/educacaoesportes/natacao.htm>)

2. Baseado nos conhecimentos que você adquiriu ao longo do desenvolvimento do projeto para construirmos o modelo de uma corrida de 100 metros rasos, descreva as etapas necessárias para adotarmos o processo de modelização para uma prova de natação de 50 metros nado livre.

3. Pensando na primeira etapa do processo de modelização que desenvolvemos durante as nossas aulas, faça de forma similar uma descrição para uma prova de natação de 50 metros livre.

4. Observe a imagem abaixo e faça um esboço do atleta, construindo o diagrama de forças e detalhando a função de cada força no movimento do atleta.





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo 39 -
UFSC - Florianópolis



Questionário

1. Escreva os aspectos positivos sobre o desenvolvimento do projeto de modelização.

2. Cite as dificuldades encontradas por você ou pelo seu grupo durante o desenvolvimento do projeto de modelização.

3. Você tem alguma sugestão sobre o desenvolvimento do projeto?

Apêndice E

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e Termo de Assentimento Livre e Esclarecido



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
 CAMPUS UNIVERSITÁRIO REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA - TRINDADE
 CEP: 88.040-900 - FLORIANÓPOLIS – SC
 Telefone: (48) 3721 – 2876. Fax: (48) 3721 - 9946

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Senhores Pais e/ou Responsáveis

Seu (sua) filho (a) está sendo convidado (a) a participar de um projeto de dissertação de mestrado intitulado **“Uma Proposta de Sequência Didática para a Inserção da Modelização no Ensino de Física no Primeiro Ano do Ensino Médio”**. Este projeto está ligado ao departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

Ao longo deste estudo, pretende-se desenvolver atividades didáticas para a discussão de conceitos e interpretação gráficos para oportunizar o aprendizado sobre os movimentos. Pretende-se aplicar estas atividades na turma do ensino médio de seu (sua) filho(a) com o intuito de avaliar sua eficácia na aprendizagem destes conhecimentos. Este estudo tem como objetivo a busca por metodologias de ensino que permitam um melhor aprendizado nas classes de ensino médio através o uso de abordagens com discussões sobre o papel dos modelos e do processo de modelização na construção do conhecimento científico.

Os responsáveis por este trabalho são os professores Oendel Roberto Wagner do Colégio Marista e Municipal São José que poderá ser contatado pelo telefone: (48) 3258-0964, pelo e-mail oendelwagner@gmail.com, ou ainda pessoalmente no Colégio Marista e Municipal São José localizado na rua Nossa Senhora dos Navegantes 2302 – bairro Serraria – São José – CEP: 88115-400; e o professor Paulo José Sena dos Santos, do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina que poderá ser contatado pelo telefone: (48) 3721-3708, pelo e-mail: paulo.sena@ufsc.br, ou ainda pessoalmente no Departamento de Física, localizado no Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima – bairro Trindade – Florianópolis – CEP: 88040-900.

Ao longo de algumas aulas da disciplina de física que ocorrem normalmente no Colégio Marista e Municipal São José, o estudante realizará atividades em grupo com uso de alguns aplicativos digitais com o objetivo de facilitar o aprendizado de conteúdos relacionados: a descrição dos movimentos, ao papel dos modelos e ao processo de modelização. Nestas aulas o estudante entrará em contato com diversas atividades educacionais planejadas para serem executadas de forma individual ou colaborativa. Nestes momentos, poderão ser coletados dados através dos seguintes instrumentos:

- Gravações em áudio das discussões em sala de aula.
- Registros escritos pelos alunos.
- Questionários e avaliações.
- Registros do pesquisador e/ou do professor da disciplina.

Estes dados coletados serão analisados posteriormente de forma a garantir o sigilo absoluto sobre a identidade dos participantes, atendendo a legislação brasileira (Resoluções N^{os} 466/12 e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde). Os resultados deste projeto, cujos objetivos são estritamente acadêmicos e científicos, poderão ser divulgados através de relatórios, artigos científicos e comunicações em congressos, sempre envolvendo o anonimato entre os participantes.

Para participar deste projeto, o estudante sob sua responsabilidade não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Ressalta-se que não é previsto nenhum risco ou desconforto ao seu (sua) filho (a) além dos quais ele (a) naturalmente estaria sujeito ao participar de uma atividade educacional coletiva como ficar cansado ou aborrecido ao responder questionários, sentir desconforto durante as gravações de áudio das discussões em sala de aula ou até mesmo ficar constrangido ao realizar uma atividade colaborativa com os demais colegas. Existe também o risco de quebra de sigilo involuntária e não intencional caso porventura houver furto ou extravio de computador ou dispositivos com arquivos armazenados. Por isso, o pesquisador compromete-se a tomar todas as precauções para evitar ou minimizar quaisquer riscos. Salienta-se que ao participar do projeto, você contribuirá para a melhoria do ensino de física no país.

Como esta pesquisa será realizada dentro do ambiente escolar, caso seu filho (a) sofra algum acidente ou mal-estar durante sua realização, ele (a) será encaminhado (a) aos setores ou órgãos de assistência aos quais seria encaminhado em caso de acidente ou mal-estar durante qualquer outra atividade escolar. Caso seu filho (a) tenha alguma despesa adicional ou sintá-se lesado física ou moralmente por algo comprovadamente relacionado à sua participação no projeto, poderá, nos termos e procedimentos da lei, solicitar o ressarcimento dos valores gastos e indenização pelos danos sofridos.

Caso o Sr. (Sra.) perceba a necessidade de descontinuar a participação do seu (sua) filho (a) no projeto, informamos que esta solicitação poderá ser feita a qualquer momento através do contato anteriormente disponibilizado. O (A) estudante será esclarecido (a) sobre o projeto em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Salienta-se que as atividades desenvolvidas fazem parte das aulas regulares da disciplina, assim, a não concordância do uso dos dados coletados para fins de pesquisa não lhe isenta da realização das atividades propostas em sala de aula pelo pesquisador ou pelo professor. Sua participação é voluntária e a recusa em participar no projeto não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que você é atendido (a) pelo professor ou pelo pesquisador.

Os aspectos éticos desta pesquisa são regulamentados pelas resoluções 466/12 e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde e leis complementares, das quais o professor/pesquisador e seu orientador estão cientes e comprometem-se a seguir rigorosamente. O projeto de pesquisa, seus objetivos e metodologia, bem como este termo de consentimento livre e esclarecido, foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPSH-UFSC), que pode ser contatado pessoalmente na rua Desembargador Vitor Lima 222, Prédio Reitoria II, 4o. andar, sala 401, Florianópolis, SC, pelo telefone (48) 3721-6094 e pelo e-mail cep.propesq@contato.ufsc.br. Este termo será assinado em duas vias, uma via ficará com o Sr. (Sra.) para eventuais consultas e a segunda via será arquivada pelo professor/pesquisador.

Pretende-se que este trabalho traga contribuições para o ensino de física possibilitando o desenvolvimento e avaliação de novas metodologias que facilitem a aprendizagem. O pesquisador está à disposição para quaisquer esclarecimentos sobre o projeto.

Declaração do estudante participante

Após a leitura deste termo, eu, _____ portador (a) do CPF: _____ declaro estar suficientemente informado (a) a respeito do trabalho **“Uma Proposta de Sequência Didática para a Inserção da Modelização no Ensino de Física no Primeiro Ano do Ensino Médio”**. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável, declaro que concordo em participar dessa pesquisa.

Estudante convidado e CPF

Declaração dos pais ou responsáveis

Após a leitura do termo anteriormente exposto, eu, _____, CPF nº: _____ declaro estar suficientemente informado (a) a respeito do projeto intitulado **“Uma Proposta de Sequência Didática para a Inserção da Modelização no Ensino de Física no Primeiro Ano do Ensino Médio”**. Declaro estar esclarecido acerca dos propósitos do trabalho, dos procedimentos que serão adotados, das garantias de confidencialidade e de que a qualquer momento posso pedir esclarecimentos. Afirmo ter conhecimento também da garantia por parte dos pesquisadores, de acesso à documentação referente ao trabalho, quando assim o desejar, e da possibilidade de retirada do meu consentimento de utilização das informações coletadas sem penalidades ou prejuízos. Declaro também ter recebido uma via original desse documento, rubricada em todas as páginas e assinada por mim e pelo pesquisador. Para finalizar, declaro concordar voluntariamente que meu filho (a): _____ participe da coleta dos dados deste projeto.

Assinatura da mãe, pai ou responsável e CPF

Declaração do Pesquisador

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido do sujeito de pesquisa ou do representante legal, para a participação neste projeto. Comprometo-me a conduzir a pesquisa de acordo com o que preconiza as Resoluções 466/12 de 12/06/2012 e 510/16 de 07/04/2016, que tratam dos preceitos éticos e da proteção aos participantes da pesquisa

Pesquisador

São José, ____ de _____ de 2019.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
 CAMPUS UNIVERSITÁRIO REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA - TRINDADE
 CEP: 88.040-900 - FLORIANÓPOLIS – SC
 Telefone: (48) 3721 – 2876. Fax: (48) 3721 – 9946.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Estimado estudante

Você está sendo convidado(a) a participar de um projeto de dissertação de mestrado intitulado **“Uma Proposta de Sequência Didática para a Inserção da Modelização no Ensino de Física no Primeiro Ano do Ensino Médio”**. Este projeto está ligado ao departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

Ao longo deste estudo, pretende-se desenvolver atividades didáticas para a discussão de conceitos e interpretação gráficos para oportunizar o aprendizado sobre os movimentos. Pretende-se aplicar estas atividades na sua turma do ensino médio com o intuito de avaliar sua eficácia na aprendizagem destes conhecimentos. Este estudo tem como objetivo a busca por metodologias de ensino que permitam um melhor aprendizado nas classes de ensino médio através o uso de abordagens com discussões sobre o papel dos modelos e do processo de modelização na construção do conhecimento científico.

Os responsáveis por este trabalho são os professores Oendel Roberto Wagner do Colégio Marista e Municipal São José que poderá ser contatado pelo telefone: (48) 3258-0964, pelo e-mail oendelwagner@gmail.com, ou ainda pessoalmente no Colégio Marista e Municipal São José localizado na rua Nossa Senhora dos Navegantes 2302 – bairro Serraria – São José – CEP: 88115-400; e o professor Paulo José Sena dos Santos, do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina que poderá ser contatado pelo telefone: (48) 3721-3708, pelo e-mail: paulo.sena@ufsc.br, ou ainda pessoalmente no Departamento de Física, localizado no Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima – bairro Trindade – Florianópolis – CEP: 88040-900.

Ao longo de algumas aulas da disciplina de física que ocorrem normalmente no Colégio Marista e Municipal São José, você realizará atividades em grupo com uso de alguns aplicativos digitais e experimentos com o objetivo de facilitar o aprendizado de conceitos relacionados: a descrição dos movimentos, ao uso de modelos e do processo de modelização. Nestas aulas você entrará em contato com diversas atividades educacionais planejadas para serem executadas de forma individual ou colaborativa. Nestes momentos, poderão ser coletados dados através dos seguintes instrumentos:

- Gravações em áudio das discussões em sala de aula.
- Registros escritos pelos alunos.
- Questionários e avaliações.
- Registros do pesquisador e/ou do professor da disciplina

Estes dados coletados serão analisados posteriormente de forma a garantir o sigilo absoluto sobre a identidade dos participantes, atendendo a legislação brasileira (Resoluções N^{os} 466/12

e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde). Os resultados deste projeto, cujos objetivos são estritamente acadêmicos e científicos, poderão ser divulgados através de artigos científicos e comunicações em congressos, sempre envolvendo o anonimato entre os participantes.

Para participar deste projeto, você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Ressalta-se que não é previsto nenhum risco ou desconforto além dos quais você naturalmente estaria sujeito ao participar de uma atividade educacional coletiva. Você poderá ficar cansado ou aborrecido ao responder questionários, sentir algum desconforto durante as gravações de áudio das discussões em sala de aula ou até mesmo ficar constrangido ao realizar alguma atividade colaborativa com os demais colegas. Existe também o risco de quebra de sigilo involuntária e não intencional caso porventura houver furto ou extravio de computador ou dispositivos com arquivos armazenados. Por isso, o pesquisador compromete-se a tomar todas as precauções para evitar ou minimizar quaisquer riscos. Salienta-se que ao participar do projeto, você contribuirá para a melhoria do ensino de física no país.

Como esta pesquisa será realizada dentro do ambiente escolar, caso venha sofrer algum acidente ou mal-estar durante sua realização, você será encaminhado aos setores ou órgãos de assistência da escola aos quais normalmente seria encaminhado em caso de acidente ou mal-estar durante qualquer outra atividade escolar. Caso você tenha alguma despesa adicional ou venha a sentir-se lesado física ou moralmente por algo comprovadamente relacionado à sua participação no projeto, poderá, nos termos e procedimentos da lei, solicitar o ressarcimento dos valores gastos e/ou indenização pelos danos sofridos.

Caso você perceba a necessidade de descontinuar a sua participação no projeto, informamos que esta solicitação poderá ser feita a qualquer momento através do contato anteriormente disponibilizado. Você será esclarecido (a) sobre o projeto em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Salienta-se que as atividades desenvolvidas fazem parte das aulas regulares da disciplina, assim, a não concordância com a participação a não concordância do uso dos dados coletados para fins de pesquisa não lhe isenta da realização das atividades propostas em sala de aula pelo pesquisador ou pelo professor. Sua participação é voluntária e a recusa em participar no projeto não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que você é atendido (a) pelo professor ou pelo pesquisador.

Os aspectos éticos desta pesquisa são regulamentados pelas resoluções 466/12 e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde e leis complementares, das quais o professor/pesquisador e seu orientador estão cientes e comprometem-se a seguir rigorosamente. O projeto de pesquisa, seus objetivos e metodologia, bem como este termo de consentimento livre e esclarecido, foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPSH-UFSC), que pode ser contatado pessoalmente na rua Desembargador Vitor Lima 222, Prédio Reitoria II, 4o. andar, sala 401, Florianópolis, SC, pelo telefone (48) 3721-6094 e pelo e-mail cep.propesq@contato.ufsc.br. Este termo será assinado em duas vias, uma via ficará com você para eventuais consultas e a segunda via será arquivada pelo pesquisador.

Pretende-se que este trabalho traga contribuições para o ensino de física possibilitando o desenvolvimento e avaliação de novas metodologias que facilitem a aprendizagem.

Nos colocamos a disposição para quaisquer esclarecimentos sobre o projeto.

Declaração do estudante participante

Após a leitura do termo de consentimento, eu, _____ declaro estar suficientemente informado (a) a respeito do trabalho **“Uma Proposta de Sequência Didática para a Inserção da Modelização no Ensino de Física no Primeiro Ano do Ensino Médio”**. Declaro estar esclarecido acerca dos propósitos do trabalho, dos procedimentos que serão adotados, das garantias de confidencialidade e de que a qualquer momento posso pedir para que os dados coletados referentes a minha pessoa não sejam utilizados na pesquisa, o que não caracteriza dispensa da realização das atividades propostas em sala de aula.

Estudante convidado e CPF

Declaração do Pesquisador

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido do sujeito de pesquisa, ou do representante legal, para a participação neste projeto. Comprometo-me a conduzir a pesquisa de acordo com o que preconizam as Resoluções 466/12 de 12/06/2012 e 510/16 de 07/04/2016, que tratam dos preceitos éticos e da proteção aos participantes da pesquisa.

Pesquisador

São José, ____ de _____ de 2019.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA - TRINDADE
CEP: 88.040-900 - FLORIANÓPOLIS – SC
Telefone: (48) 3721 – 2876. Fax: (48) 3721 – 9946.

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Estimado estudante

Você está sendo convidado(a) a participar de um projeto de dissertação de mestrado intitulado **“Uma Proposta de Sequência Didática para a Inserção da Modelização no Ensino de Física no Primeiro Ano do Ensino Médio”**. Este projeto está ligado ao departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

Ao longo deste estudo, pretende-se desenvolver atividades didáticas para a discussão de conceitos e interpretação gráficos para oportunizar o aprendizado sobre os movimentos. Pretende-se aplicar estas atividades na sua turma do ensino médio com o intuito de avaliar sua eficácia na aprendizagem destes conhecimentos. Este estudo tem como objetivo a busca por metodologias de ensino que permitam um melhor aprendizado nas classes de ensino médio através o uso de abordagens com discussões sobre o papel dos modelos e do processo de modelização na construção do conhecimento científico.

Os responsáveis por este trabalho são os professores Oendel Roberto Wagner do Colégio Marista e Municipal São José que poderá ser contatado pelo telefone: (48) 3258-0964, pelo e-mail oendelwagner@gmail.com, ou ainda pessoalmente no Colégio Marista e Municipal São José localizado na rua Nossa Senhora dos Navegantes 2302 – bairro Serraria – São José – CEP: 88115-400; e o professor Paulo José Sena dos Santos, do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina que poderá ser contatado pelo telefone: (48) 3721-3708, pelo e-mail: paulo.sena@ufsc.br, ou ainda pessoalmente no Departamento de Física, localizado no Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima – bairro Trindade – Florianópolis – CEP: 88040-900.

Ao longo de algumas aulas da disciplina de física que ocorrem normalmente no Colégio Marista e Municipal São José, você realizará atividades em grupo com uso de alguns aplicativos digitais e experimentos com o objetivo de facilitar o aprendizado de conceitos relacionados: a descrição dos movimentos, ao uso de modelos e do processo de modelização. Nestas aulas você entrará em contato com diversas atividades educacionais planejadas para serem executadas de forma individual ou colaborativa. Nestes momentos, poderão ser coletados dados através dos seguintes instrumentos:

- Gravações em áudio das discussões em sala de aula.
- Registros escritos pelos alunos.
- Questionários e avaliações.
- Registros do pesquisador e/ou do professor da disciplina

Estes dados coletados serão analisados posteriormente de forma a garantir o sigilo absoluto sobre a identidade dos participantes, atendendo a legislação brasileira (Resoluções N^{os} 466/12

e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde). Os resultados deste projeto, cujos objetivos são estritamente acadêmicos e científicos, poderão ser divulgados através de artigos científicos e comunicações em congressos, sempre envolvendo o anonimato entre os participantes.

Para participar deste projeto, você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Ressalta-se que não é previsto nenhum risco ou desconforto além dos quais você naturalmente estaria sujeito ao participar de uma atividade educacional coletiva. Você poderá ficar cansado ou aborrecido ao responder questionários, sentir algum desconforto durante as gravações de áudio das discussões em sala de aula ou até mesmo ficar constrangido ao realizar alguma atividade colaborativa com os demais colegas. Existe também o risco de quebra de sigilo involuntária e não intencional caso porventura houver furto ou extravio de computador ou dispositivos com arquivos armazenados. Por isso, o pesquisador compromete-se a tomar todas as precauções para evitar ou minimizar quaisquer riscos. Salienta-se que ao participar do projeto, você contribuirá para a melhoria do ensino de física no país.

Como esta pesquisa será realizada dentro do ambiente escolar, caso venha sofrer algum acidente ou mal-estar durante sua realização, você será encaminhado aos setores ou órgãos de assistência da escola aos quais normalmente seria encaminhado em caso de acidente ou mal-estar durante qualquer outra atividade escolar. Caso você tenha alguma despesa adicional ou venha a sentir-se lesado física ou moralmente por algo comprovadamente relacionado à sua participação no projeto, poderá, nos termos e procedimentos da lei, solicitar o ressarcimento dos valores gastos e/ou indenização pelos danos sofridos.

Caso você perceba a necessidade de descontinuar a sua participação no projeto, informamos que esta solicitação poderá ser feita a qualquer momento através do contato anteriormente disponibilizado. Você será esclarecido (a) sobre o projeto em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Salienta-se que as atividades desenvolvidas fazem parte das aulas regulares da disciplina, assim, a não concordância com a participação a não concordância do uso dos dados coletados para fins de pesquisa não lhe isenta da realização das atividades propostas em sala de aula pelo pesquisador ou pelo professor. Sua participação é voluntária e a recusa em participar no projeto não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que você é atendido (a) pelo professor ou pelo pesquisador.

Os aspectos éticos desta pesquisa são regulamentados pelas resoluções 466/12 e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde e leis complementares, das quais o professor/pesquisador e seu orientador estão cientes e comprometem-se a seguir rigorosamente. O projeto de pesquisa, seus objetivos e metodologia, bem como este termo de consentimento livre e esclarecido, foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPSH-UFSC), que pode ser contatado pessoalmente na rua Desembargador Vitor Lima 222, Prédio Reitoria II, 4o. andar, sala 401, Florianópolis, SC, pelo telefone (48) 3721-6094 e pelo e-mail cep.propesq@contato.ufsc.br. Este termo será assinado em duas vias, uma via ficará com você para eventuais consultas e a segunda via será arquivada pelo pesquisador.

Pretende-se que este trabalho traga contribuições para o ensino de física possibilitando o desenvolvimento e avaliação de novas metodologias que facilitem a aprendizagem.

Nos colocamos a disposição para quaisquer esclarecimentos sobre o projeto.

Declaração do estudante participante

Após a leitura do termo de consentimento, eu, _____ declaro estar suficientemente informado (a) a respeito do trabalho **“Uma Proposta de Sequência Didática para a Inserção da Modelização no Ensino de Física no Primeiro Ano do Ensino Médio”**. Declaro estar esclarecido acerca dos propósitos do trabalho, dos procedimentos que serão adotados, das garantias de confidencialidade e de que a qualquer momento posso pedir para que os dados coletados referentes a minha pessoa não sejam utilizados na pesquisa, o que não caracteriza dispensa da realização das atividades propostas em sala de aula.

Estudante convidado e CPF

Declaração do Pesquisador

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido do sujeito de pesquisa, ou do representante legal, para a participação neste projeto. Comprometo-me a conduzir a pesquisa de acordo com o que preconizam as Resoluções 466/12 de 12/06/2012 e 510/16 de 07/04/2016, que tratam dos preceitos éticos e da proteção aos participantes da pesquisa.

Pesquisador

São José, ____ de _____ de 2019.

Apêndice F
Análise dos Aspectos e Transcrições das Respostas
dos Estudantes

Quadro 12 - Análise dos Elementos presentes na Avaliação Final da Questão 1
– Item “A”

Sujeito	Aspectos Analisados	Desempenho
Estudante 1	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definiu parcialmente as funções das Forças.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 2	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definição das Funções de cada Força.	Satisfatória
Estudante 3	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definiu parcialmente as funções das Forças.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 4	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definiu parcialmente as funções das Forças.	Parcialmente satisfatória
Estudante 5	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definiu parcialmente as funções das Forças.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 6	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definição das Funções de cada Força.	Satisfatória
Estudante 7	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definição das Funções de cada Força.	Satisfatória
Estudante 8	Identificação das Forças. Representação das Forças.	Parcialmente Satisfatória

	Definiu parcialmente as funções das Forças.	
Estudante 9	Identificou parcialmente as Forças. Representou parcialmente as Forças. Não definiu as funções das forças.	Não Satisfatória
Estudante 10	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definiu parcialmente as funções das Forças.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 11	Identificação das Forças. Representação das Forças. Não definiu as funções das Forças.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 12	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definição das funções de cada Força.	Satisfatória
Estudante 13	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definição das funções de cada Força.	Satisfatória
Estudante 14	Não identificou as Forças. Não representação as Forças. Não definiu as funções de cada Força.	Não satisfatória
Estudante 15	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definição das funções de cada Força.	Satisfatória
Estudante 16	Identificação das Forças.	Satisfatória

	Representação das Forças. Definição das funções de cada Força.	
Estudante 17	Identificação das Forças. Representação das Forças. Não definiu as funções das Forças.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 18	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definição das funções de cada Força.	Satisfatória
Estudante 19	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definição das funções de cada Força.	Satisfatória
Estudante 20	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definição das funções de cada Força.	Satisfatória
Estudante 21	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definiu parcialmente as funções das Forças.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 22	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definiu parcialmente as funções das Forças.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 23	Identificação das Forças. Representação das Forças. Não definiu as funções das Forças.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 24	Identificação das Forças. Representação das Forças.	Parcialmente Satisfatória

	Não definiu as funções das Forças.	
--	------------------------------------	--

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

Quadro 13 - Análise das Respostas dos Estudantes na Avaliação Final da Questão 1 (Itens B, C, D e E)

Sujeito	Item B	Análise Item B	Item C	Item D	Item E
Estudante 1	Fr=m.a	Não Satisfatória	NR	NR	NR
Estudante 2	Fr= F-Fat m.a=F – N.μ	Satisfatória	S	S	PS
Estudante 3		Não Respondida	NR	NR	NR
Estudante 4	Fat= N.μ Fr=m.a	Não Satisfatória	NR	NS	NR
Estudante 5	F=F-FAT	Satisfatória	NS	NR	NR
Estudante 6	FP=F-FAT	Satisfatória	NR	NR	NR
Estudante 7	FR=FAT-FT	Não Satisfatória	S	S	NR
Estudante 8	FR=F-FAT m.a=F-Nμ	Satisfatória	S	NR	NR
Estudante 9		Não Respondida	NR	NR	NR
Estudante 10	F=Fat – Ft	Não Satisfatória	PS	S	PS
Estudante 11		Não Respondida	S	NS	NR
Estudante 12	Fr=F-Fat m.a=F- N.μ	Satisfatória	S	NR	NS
Estudante 13	Fr=F-Fat m.a=F- m.g	Satisfatória	S	S	PS
Estudante 14		Não Respondeu	NR	NS	NR
Estudante 15	Fr=F-Fat m.a=F-N.μ m.a=F- m.g.μ	Satisfatória	S	S	NR
Estudante 16	Fr= F-Fat m.a=F – N.μ	Satisfatória	S	S	NS
Estudante 17	Fr-F=Fat m.a=F-N.μ	Satisfatória	NR	NR	NR
Estudante 18	FR=FT-FAT	Satisfatória	S	S	PS
Estudante 19	$\frac{\Delta F}{\Delta T}$	Não Satisfatória	PS	S	NR
Estudante 20	Fr= F- Fat m.a=F- N.μ	Satisfatória	S	S	NS
Estudante 21	Fr=F-fat m.a=F- N.μ m.a=F – m.g.μ	Satisfatória	S	S	NR
Estudante 22	P=m.g	Não Satisfatória	NS	NS	NS
Estudante 23	Fr= F-Fat	Satisfatória	NR	NR	NR

Estudante 24	P=m.g	Não Satisfatória	NS	NS	NS
--------------	-------	------------------	----	----	----

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

Legenda:

S – Satisfatória

PS – Parcialmente Satisfatória

NS – Não Satisfatória

NR – Não Respondida

Quadro 14 - Transcrição e Análise das Respostas dos estudantes da questão 2.

Sujeito	Transcrição das Respostas	Etapas Mencionadas	Aspectos Analisados
Estudante 1	“Não sei muito bem como explicar, mas eu lembro que temos que ver o tempo de saída do atleta, os movimentos dele, o peso dele em relação aos outros atletas também influencia, tanto que uma lancha é muito mais rápida que um navio, também levamos em conta a questão da respiração e força.”	Descrição	Parcialmente Satisfatória
Estudante 2	“A primeira etapa nós descrevemos quais as forças que estão agindo, depois distribuir elas e depois montar o modelo da corrida.”	Formulação	Parcialmente Satisfatória
Estudante 3	Não respondida		Não Respondeu
Estudante 4	“Ele usa muita força física para ter um bom desempenho, com braçadas largas. É igual uma prova de corrida de 100 metros rasos, a largada e quase a mesma, o atleta começa com o corpo envergado para ter um salto na água mais rápido.”	Descrição	Parcialmente Satisfatória
Estudante 5	“Começamos distribuindo as...”		Não Satisfatória

Estudante 6	“Devemos considera o peso do atleta, a altura também acho que podemos considera que a prova tem 3 fases. 1ª) é a fase que o atleta vai pular e vai cair na água tentando usar o impulso para pegar velocidade no mergulho. 2º) Após cair na água ele tenta usar seus braços para pegar impulso e chegar na velocidade máxima. 3º) Ele começa a diminuir a velocidade.”	Descrição	Parcialmente Satisfatória
Estudante 7	“É preciso fazer uma descrição detalhada dos movimentos do começo até o fim, quais as forças que atuam e descartar as que são menos importantes, por fim montar um gráfico com as equações para desenvolver e chegar no resultado final.”	Descrição, Formulação, Validação.	Satisfatória
Estudante 8	Não respondida		Não respondida
Estudante 9	Não respondida		Não respondida
Estudante 10	Não respondida		Não respondida
Estudante 11	“Devemos analisar todas as forças atuantes no atleta, como aceleração, o impulso inicial, entre outras forças que impulsionam a corrida, como a resistência do ar que pode	Formulação	Parcialmente Satisfatória

	dificultar a aceleração, e o modelo de pista que pode dificultar também.”		
Estudante 12	Não respondida		Não respondida
Estudante 13	“Uma descrição, mapear as forças, colocar elas, ver se elas funcionam de forma correta, aplicar as equações e ver os resultados.”	Descrição, Formulação, Validação.	Satisfatória
Estudante 14	“Teríamos que calcular o valor para saber fazer o modelo, se teria força gravitacional, atrito, o peso do atleta.”	Formulação	Parcialmente Satisfatória
Estudante 15	“Primeiro se faz uma descrição de todo o movimento, depois se aplica as Leis da Física, então é visto quais as forças podem ser descartadas e no final fazer a validação e testes.”	Descrição, Formulação, Validação.	Satisfatória
Estudante 16	“Será preciso analisar todas as forças que atuam com o atleta, as roupas dele, o movimento etc.”	Formulação	Parcialmente Satisfatória
Estudante 17	“A pessoa que vai fazer uma prova dessa deve ter uma boa respiração, tem que ter os braços forte porque ao decorrer dessa prova você usa muita força e como é uma prova de 100 metros vocês vai ter que ter uma respiração boa porque essas prova atrapalha muito	Descrição	Parcialmente Satisfatória

	por causa do ar e a força que o homem vai fazer também vai atrapalhar se ele não for forte.”		
Estudante 18	“Preparação para mergulhar, mergulho, braçadas rápidas para chegar na velocidade máxima, pico: velocidade máxima que o nadador tenta manter, desaceleração do atleta (relaxamento – onde o atleta desacelera e nada de um forma com que ele de braçadas mais longas até chegar ao final da piscina.”	Descrição	Parcialmente Satisfatória
Estudante 19	“Tem a etapa inicial (largada) aonde o nadador está se preparando para se lançar a água. Tem a 2ª etapa aonde o nadador já está na água tentando ganhar e manter a velocidade. E tem a última etapa, a chegada, aonde o nadador está cansado já é perdendo velocidade.”	Descrição	Parcialmente Satisfatória
Estudante 20	Descrição, formulação, ramificação e validação.	Descrição, formulação, ramificação e validação.	Satisfatória
Estudante 21	“Descrição, diagrama de forças e as equações.”	Descrição, Formulação,	Parcialmente Satisfatória
Estudante 22	Não Respondida		Não Respondida

Estudante 23	“Primeiro precisaríamos descrever a prova com pontos importantes como: as forças presentes na prova de natação, percurso, análise geral da prova, variação do atleta. Esses são os pilares de uma descrição esportiva para natação em uma prova de 50 metros.”	Descrição.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 24	“Aceleração, velocidade do atleta, velocidade constante, velocidade final”		Não Satisfatória

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

Quadro 15 - Transcrição e Análise das Respostas dos Estudantes da Questão 3.

Sujeito	Transcrição das Respostas	Elementos Mencionados	Aspectos Analisados
Estudante 1	Não respondida		Não respondida
Estudante 2	Não respondida		Não respondida
Estudante 3	Não respondida		Não respondida
Estudante 4	“Primeiro o atleta começa na raia abaixado, depois do disparo ele faz um movimento para mergulhar, daí começa a prova, com braçadas longas e largas para ganhar mais velocidade.”	1. Impulso Inicial 2. Movimento dos Braços	Parcialmente Satisfatória
Estudante 5	Não respondida		Não respondida
Estudante 6	“Ele começa abaixado, olhando para água, dando a largada ele usa os pés para se impulsionar para cair na água com mais velocidade. Depois disso, ele começa a usar os pés e as mãos para nada até o final da piscina.”	1. Impulso Inicial 2. Movimento dos Braços	Parcialmente Satisfatória
Estudante 7	“No início o atleta está em posição reta quando dá o sinal ele se inclina e salta em direção a água. No começo ele faz uma força	1. Impulso Inicial 2. Movimento dos Braços 3. Comportamento da velocidade	Satisfatória

	maior com os braços e pernas para ir mais rápido, ele consegue atingir uma velocidade máxima e depois começa a decair, quando ele volta faz forças com o pé para pegar mais impulso, só que a corrida é mais lenta pois não é a mesma força que ele tinha feito no início.”		
Estudante 8	“Primeiramente o atleta se posiciona no bloco agachado, ao escutar a largada, o atleta faz um impulso pra frente e se joga na água, fazendo movimentos rotatórios com os braços até chegar ao fim dos 50 metros.”	1. Impulso Inicial 2. Movimento dos Braços	Parcialmente Satisfatória
Estudante 9	“Escreve as forças que o atleta fez no movimento e depois define as forças.”	Nenhum elemento	Não Satisfatório
Estudante 10	Não respondida		Não respondida
Estudante 11	“O atleta se prepara para saltar na piscina com uma postura para poder impulsionar o salto, após dar o salto inicial o atleta dentro da piscina começa a bater os braços e pernas para aumentar a aceleração	1. Impulso Inicial 2. Movimento dos Braços 3. Comportamento da velocidade	Satisfatória

	e manter a velocidade constante.”		
Estudante 12	Não respondida		Não respondida
Estudante 13	“Primeiro o atleta vai iniciar o salto de mergulho, logo após vai se impulsionar com as pernas e os braços para chegar à linha de chegada e tentando manter o máximo de energia para não cansar.”	1. Impulso Inicial 2. Movimento dos Braços	Parcialmente Satisfatória
Estudante 14	“Pegamos informações do atleta, quantos metros de piscina tem, a roupa que usa e o jeito que se movimenta na ida e volta, se tem ou não atrito e a resistência da água.”	3. Comportamento da velocidade	Parcialmente Satisfatória
Estudante 15	“Tudo começa com o tempo de reação do atleta onde se estão em repouso aguardando o início da prova. No segundo momento o atleta irá tentar atingir o máximo de movimento no nado. Depois de atingir uma alta velocidade ele tentará manter o máximo possível. No final pode haver uma pequena desaceleração devido ao desgaste físico.”	1. Impulso Inicial 2. Movimento dos Braços 3. Comportamento da velocidade	Satisfatória

Estudante 16	“Os atletas começam do instante zero. É dada a largada e eles se impulsionam para começar a corrida. Ao decorrer a aceleração deles aumenta e quando eles chegam na linha de chegada ocorre uma desaceleração.”	1. Impulso Inicial 3. Comportamento da velocidade	Parcialmente Satisfatória
Estudante 17	“O atleta tem força dele mesmo ele usa a resistência do ar para poder respirar melhor.”	Nenhum elemento	Não satisfatória
Estudante 18	“O nadador se prepara para mergulhar e salta, após o mergulho o atleta começa a nadar de uma forma com que pegue uma velocidade máxima, quando chegar na velocidade máxima ele tenta manter por um longo tempo até desacelerar e começar a dar braçadas mais longas e “relaxadas” para chegar até o final da piscina.”	1. Impulso Inicial 2. Movimento dos Braços 3. Comportamento da velocidade	Satisfatória
Estudante 19	“O nadador está na beira da piscina se preparando para começar a prova, ele fica numa posição parecida com a do corredor, e quando ele ouve o disparo inicial ele aplica uma força de impulso	1. Impulso Inicial	Parcialmente Satisfatória

	com as pernas e tentando mergulhar sobre a menor superfície possível de água para assim ter a menor força de resistência da água sobre o seu corpo.”		
Estudante 20	“Os atletas posicionados em suas raias, após o apito, eles se preparam, com as mãos na base e o pé esquerdo um pouco atrás do direito. É iniciado a corrida, eles utilizam a força para se impulsionar em direção da água, e para avança utilizam uma força maior nos braços.”	1. Impulso Inicial 2. Movimento dos Braços	Parcialmente Satisfatória
Estudante 21	“Com um apito começa a prova, o nadador faz um impulso para mergulhar na água.”	1. Impulso Inicial	Parcialmente Satisfatória
Estudante 22	Não respondida		Não respondida
Estudante 23	“Análise de temperatura da água, envergadura do atleta, projeção do salto para o início da prova, análise da resistência da água e da força do atleta. Importante observar se houve uma queda no desempenho do atleta.”	1. Impulso Inicial	Parcialmente Satisfatória

Estudante 24	“Aceleração, velocidade do atleta, velocidade constante, velocidade final”	Nenhum elemento	Não satisfatória
-----------------	--	-----------------	------------------

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).

Quadro 16 - Resultado da Análise dos Elementos presentes na Avaliação Final da Questão 4

Sujeito	Aspectos Analisados	Desempenho
Estudante 1	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definição das funções de cada Força.	Satisfatória
Estudante 2	Identificação parcial das Forças. Representação parcial das Forças. Definição parcial das Funções das Forças.	Não Satisfatória
Estudante 3	Identificação das Forças. Representação das Forças. Não definiu as funções das forças.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 4	Identificação das Forças. Representação parcial das Forças. Definição das funções de cada Força.	Parcialmente satisfatória
Estudante 5	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definição parcial das funções das Forças.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 6	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definição das Funções de cada Força.	Satisfatória
Estudante 7	Identificação das Forças. Representação das Forças. Não definiu as Funções das Forças.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 8		Não Respondida

Estudante 9	Não identificou as Forças. Não representou as Forças. Definição parcial das funções das forças.	Não Satisfatória
Estudante 10		Não Respondida
Estudante 11	Identificação das Forças. Representação das Forças. Não definiu as funções das Forças.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 12		Não Respondida
Estudante 13	Identificação parcial das Forças. Não representou as Forças. Não definiu as funções das Forças.	Não Satisfatória
Estudante 14		Não respondida
Estudante 15	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definição das funções de cada Força.	Satisfatória
Estudante 16	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definição parcial das funções das Forças.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 17	Identificação parcial das Forças. Representação parcial das Forças. Não definiu as funções das Forças.	Não Satisfatória
Estudante 18	Identificação das Forças. Representação das Forças. Não definição as funções das Força.	Parcialmente Satisfatória
Estudante 19	Identificação das Forças.	Satisfatória

	Representação das Forças. Definição das funções de cada Força.	
Estudante 20	Identificação das Forças. Representação das Forças. Definição das funções de cada Força.	Satisfatória
Estudante 21	Não identificou as Forças. Representação parcial das Forças. Não definiu as funções das Forças.	Não Satisfatória
Estudante 22	Identificação das Forças. Não Representou as Forças. Não Definiu as funções das Forças.	Não Satisfatória
Estudante 23	Identificação das Forças. Representação das Forças. Não definiu as funções das Forças.	Satisfatória
Estudante 24	Identificação parcial das Forças. Representação parcial das Forças. Não definiu as funções das Forças.	Não Satisfatória

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2020).