



## UMA PROPOSTA PARA ENSINAR QUEDA LIVRE: USANDO A INTERFACE HACKEDUCA CONECTA

Sidney Assis Chagas

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Polo 04 IFAM/UFAM do Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(es):  
Prof. Dr. Marcio Gomes da Silva

Manaus/AM  
2021

**UMA PROPOSTA PARA ENSINAR QUEDA LIVRE: USANDO A INTERFACE  
HACKEDUCA CONECTA**

Sidney Assis Chagas

Orientador:  
Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Polo 04 IFAM/UFAM do Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

---

Dr. Nome do Membro da Banca

---

Dr. Nome do Membro da Banca

---

Dr. Nome do Membro da Banca

Manaus/AM  
2021

## MODELO de FICHA CATALOGRÁFICA

S586p Chagas, Sidney Assis  
Uma proposta para ensinar a aceleração da gravidade: usando a interface hackeduca conecta / Sidney Assis Chagas - Amazonas: UFAM / IFAM, 2021.  
viii, 77 f.: il.;30cm.  
Orientador: Marcio Gomes da Silva  
Dissertação (mestrado) – UFAM / IFAM / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2011.  
Referências Bibliográficas: f. 74-77.  
1. Queda Livre. 2. Ensino de Física. 3. Scratch. 4. Arduino. 5. Hackeduca. I. Aguiar, Carlos Eduardo. II. Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Uma proposta para ensinar a aceleração da gravidade: usando a interface hackeduca conecta

Dedico este trabalho primeiramente a Deus que me sustentou até aqui, a  
minha esposa Carla Santos Chagas, que em nenhum  
momento deixou de me apoiar.

“Vou plantar essas mudas de laranjas, para vocês terem suco bom para tomar no futuro”. (Valdomiro Zeferino Galvan)

## **AGRADECIMENTOS**

A arte de agradecer é sempre uma parte muito importante quando conseguimos realizar algum sonho ou grande objetivo. Este ato de extrema sabedoria, mostra a mais pura simplicidade do ser, a riqueza interior e o reconhecimento à vida e às inúmeras possibilidades existentes nela.

Agradeço à Deus e à minha família, que sempre esteve em meu lado, apoiando minhas escolhas e pela confiança depositada em mim.

Ao Prof. Dr. Márcio Gomes, agradeço por ter me aceitado como seu orientando e por todos os ensinamentos repassados. Ao IFAM e UFAM pela oportunidade de realizar esse sonho.

À minha banca do TCC, agradeço por terem aceitado o convite para participar deste momento, e por todas as sugestões e possibilidades que irão ampliar horizontes, conhecimentos e experiências.

Ao meu amigo Prof. MSc Lucas Linhares pelos ensinamentos, dicas e revisão do meu trabalho.

A Capes e a SBF pela oportunidade de cursar esse mestrado.

## LISTA DE SIGLAS

MUV – Movimento Uniformemente Variado

GU – Gravitação Universal

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

IDE – *Integrated Development Environment*, ou *Ambiente de Desenvolvimento Integrado*

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Variação da aceleração da gravidade

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Ideias gerais da Teoria de Bruner

Fig. 2.2 – Aprendizagem por descoberta

Fig. 3.1 – Esquema da análise da aceleração da gravidade

Fig. 4.1 – Interface *Scratch*

Fig. 4.2 – Placa Arduino Uno

Fig. 5.1 – Esquema de ligação do sensor ultrassônico

Fig. 5.2 – Código no *Scratch*

Fig. 5.3 – Código de calibração

Fig. 5.4 – Calibrando o tempo

Fig. 5.5 – Gráfico Calibrado

Fig. 5.6 - Arranjo experimental

## RESUMO

Em nossas escolas, o ensino de física consiste em passar um amontoado de informações sem conexão com o mundo que cerca o aluno. Esquecendo que a Física é uma ciência que estuda os fenômenos naturais, através da observação. Diante do exposto, o presente trabalho visa desenvolver uma sequência de atividades sobre a queda livre usando o aplicativo *Hackeduca* Conecta, com experimentos simulados pelo mesmo aplicativo, para alunos da 1ª série do Ensino Médio, seguindo a teoria pedagógica de Jerome Bruner que versa o “Ensino por descoberta”. A proposta consiste em analisar o movimento dos corpos por meio da “Queda Livre” onde dados serão programados e coletados através de sensores e transmitidos ao computador com o uso do Arduino, assim teremos a condição de gerar gráficos para analisar o movimento dos corpos, discutir valores e auxiliar os alunos na resolução de problemas por meio de testes, analisar alguns parâmetros importantes nesse fenômeno estudado e ainda mensurar o valor da aceleração da gravidade. Espera-se que essa proposta de Ensino-aprendizagem torne a aprendizagem dos discentes eficaz e bem proveitosa a fim de tornar o aluno um investigador e um pensador crítico-reflexivo e que todo esse conhecimento adquirido por ele seja proveitoso na realidade dele.

Palavras-chave: Queda Livre, Ensino de Física, *Scratch*, Arduino, *Hackeduca*, Aprendizagem por descoberta.

Manaus/AM  
2021

## ABSTRACT

In our schools, the teaching of physics consists of passing on a pile of information without connection with the world that surrounds the student. Forgetting that Physics is a science that studies natural phenomena, through observation. In view of the above, the present work aims to develop a sequence of activities on free fall using the Hackeduca Conecta application, with experiments simulated by the same application, for students of the 1st grade of High School, following the pedagogical theory of Jerome Bruner that deals with "Discovery teaching". The proposal consists of analyzing the movement of the bodies through the "Free Fall" where data will be programmed and collected through sensors and transmitted to the computer using Arduino, so we will be able to generate graphs to analyze the movement of the bodies, discuss values and assist students in solving problems through tests, analyze some important parameters in this phenomenon studied and also measure the value of gravity acceleration. It is hoped that this Teaching-Learning proposal will make student learning effective and very profitable in order to make the student an investigator and a critical-reflective thinker and that all this knowledge acquired by him be profitable in his reality.

Keywords: Freefall, Physics Teaching, Scratch, Arduino, *Hackeduca*. Discovery learning.

# Sumário

|  |    |
|--|----|
| Capítulo 1 INTRODUÇÃO .....                                    | 1  |
| 1.1 Justificativa.....   | 4  |
| 1.2 Problema da Pesquisa .....                                 | 5  |
| 1.3 Objetivos.....   | 5  |
| 1.3.1 Objetivo Geral .....                                     | 5  |
| 1.3.2 Objetivos Específicos .....                              | 5  |
| 1.4 Plano da Dissertação.....                                  | 6  |
| Capítulo 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....                          | 7  |
| 2.1 Teoria de Jerome Bruner: Aprendizagem por descoberta ..... | 7  |
| 2.2 Síntese dos PCN's e BNCC.....                              | 12 |
| Capítulo 3 QUEDA LIVRE.....                                    | 15 |
| Capítulo 4 INTERFACE HACKEDUCA CONECTA .....                   | 34 |
| 4.1 Arduino e <i>Scratch</i> .....                             | 34 |
| 4.2 A importância do pensamento computacional.....             | 38 |
| Capítulo 5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....                   | 41 |
| 5.1 Caracterização da Pesquisa.....                            | 41 |
| 5.2 Local e Público-Alvo.....                                  | 41 |
| 5.3 Delineamento das Atividades .....                          | 42 |
| 5.4 Avaliação dos Pares.....                                   | 49 |
| 5.5 Resultados Esperados .....                                 | 51 |
| Capítulo 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                          | 52 |
| REFERÊNCIAS .....  | 55 |
| APÊNDICES .....  | 59 |

# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO

Comumente nas escolas, encontramos um ensino de física que consiste em apenas desenvolver cálculos e um amontoado de informações sem a devida contextualização e desassociado ao cotidiano do aluno. Com isso, esquecem que a Física é uma ciência que estuda os fenômenos naturais, através da observação. No entanto, a Física ensinada em nossas escolas, na 1ª série do Ensino Médio, é a primeira parte da Mecânica, a Cinemática, onde se estuda os movimentos dos corpos sem preocupar-se com as causas. Este ensino é feito sem o ato de observar e somente realizando cálculos matemáticos, cabendo aos estudantes o mero papel de copista.

E quando se fala em queda livre, automaticamente imagina-se um corpo solto do repouso, caindo em direção ao solo. E por se tratar de um corpo em queda livre, a principal característica presente é a aceleração da gravidade, influenciada por um campo gravitacional e descoberta por Newton. Newton chegou à conclusão de que não só a Terra atrai as maçãs e a Lua, mas também cada corpo do universo atrai todos os demais e essa tendência dos corpos de se atraírem mutuamente é chamada de gravitação (RESNICK et al, 1996).

Sabendo que o trabalho tem como objeto de estudo o movimento dos corpos em queda livre, é importante ressaltar que é um assunto que, por si só, é de grande interesse para aqueles que se dedicam ao estudo da Física em função da riqueza conceitual que carrega consigo tanto em relação às ideias físicas acerca de força, movimento e princípios de conservação, da linguagem matemática empregada em tais conceitos e das próprias ideias astronômicas (TEIXEIRA et al, 2010).

Não pretendemos desconsiderar a base científica envolvida na compreensão e construção dos produtos tecnológicos, mas sim, buscamos a construção de uma visão tecnológica inserida na solução de problemas concretos onde, através da manipulação de novas tecnologias os alunos aprendam não somente como utilizá-las, mas também possam refletir sobre as implicações sociais e as diversas possibilidades de utilização (JUNIOR et al., 2016).

E quando se fala em tecnologia, no caso a computação, enquanto saber necessário na educação básica, deve-se levar em consideração que ela engloba princípios fundamentais, como a teoria da computação, e incorpora técnicas e métodos, como a

abstração e raciocínio lógico, que podem ser aplicados na solução de problemas e no avanço do conhecimento (DE FRANÇA, 2015).

Gonçalves (2005) ressalta que para o ensino de Física há muitas atividades que atualmente utilizam a informática através de programas que procuram assemelhar-se com o modelo científico a fim de facilitar a construção do conhecimento dos estudantes de ensino fundamental, médio e superior. Entretanto, essas atividades ainda não são utilizadas por um número significativo de docentes.

E uma dessas tecnologias usada nesse presente trabalho é o *Scratch*, uma linguagem de programação disponível online, desenvolvida com o objetivo de possibilitar que iniciantes possam criar programas de computador sem aprender a sintaxe de uma linguagem de programação. A ideia é motivar o aprendizado de conceitos de programação por meio de uma experiência divertida, envolvendo os alunos (MALONEY et al., 2010 apud RODRIGUEZ, 2015), entre outros recursos visuais na elaboração de projetos como animações interativas, jogos digitais.

O uso da placa *Open Source Arduino* e da programação criativa *Scratch* tornam possível essa interação, desenvolvendo uma cognição mais ativa, pelo fato de envolver códigos que exigem raciocínio lógico para completar desafios e para passar por etapas, chamando a atenção do aluno para outros ramos de tecnologia, proporcionando um aprendizado bastante significativo de matérias como matemática, lógica de algoritmo, explicação de fenômenos físicos e químicos em laboratórios ou não (SILVA et al, 2020).

Associando o *Scratch* a uma interface para ensinar a queda livre, temos como interface o Arduino, um projeto, nascido na Itália em 2005, que constitui uma plataforma de hardware e de software com o objetivo de possibilitar que pessoas não especialistas em programação e/ou em eletrônica possam desenvolver aplicações de objetos e ambientes interativos. Para isso, a proposta do projeto visa tanto a criação de um hardware fácil de manusear e com os recursos necessários para trabalhar com os "mundos" digital e analógico, quanto um software de desenvolvimento acessível para a programação dos projetos interativos (ALVES, 2013).

Outras possibilidades para a medida da aceleração da gravidade mais comuns são o “Uso de recursos eletrônicos com largadores eletromagnéticos e cronômetros de maior precisão”, que são equipamentos nem sempre acessíveis à maioria das escolas, em medida direta (PAIVA; DE ARAÚJO, 2014 apud MAROJA, 2005), “Determinação de g através da captação do som de impacto com o solo” (PERUZZO, 2010), Determinação de g com uso de pêndulos simples e outros fatores que causam variação na aceleração da gravidade

como a altitude, que está relacionada com o efeito inercial da rotação de achatamento polar da terra. E o diferencial inovador desta pesquisa servirá como base para a resolução de problemas envolvendo o aplicativo Hackeduca Conecta.

Esta dissertação está fundamentada em outros trabalhos que utilizaram o recurso de *Scratch* para Arduino, tendo como base os seguintes trabalhos: (i) “Usando a robótica educacional com *Scratch* e Arduino para melhor compreensão de ciências exatas” (SILVA et al, 2020); (ii) “Estimulando o pensamento computacional em alunos do ensino médio com o uso do *Scratch for Arduino*” (SILVA et al, 2019); (iii) “Desenvolvimento de uma metodologia para o uso do *Scratch for Arduino* no ensino médio” (BAIAO, 2016) e (iv) “Uma proposta inclusiva: o uso do Arduino no ensino de física para alunos com necessidades especiais” (PINTO, 2017).

Logo, no presente trabalho, apresentamos uma proposta para ensinar queda livre utilizando o Arduino e o *Scratch*, na qual o aluno irá interpretar as informações obtidas através de sensores e assim poderá medir diversos parâmetros e o valor da gravidade através da construção de um gráfico gerado a partir dos dados coletados pelo sensor ligado na interface Arduino e *Scratch*. Além disso, poderá perceber que a gravidade possui valores diferentes para locais diferentes, devido a altitude e latitude. Com isso, pode-se dizer que os recursos utilizados para se trabalhar com o tema “queda livre” é excelente, pois proporciona ao aluno, interatividade, uma vez que o assunto já é clássico nos livros textos, tendo um valor estabelecido para a aceleração da gravidade. Faz com que aluno investigador possua uma relação mais real com o experimento de forma concreta, tornando o estudante mais ativo, se envolvendo melhor com o conteúdo e situação experimentada, facilitando seu aprofundamento, criatividade, responsabilidade e autonomia com o conhecimento abordado.

Este trabalho, pensando em contribuir na busca por melhorias, desenvolve um processo de ensino-aprendizagem tornando o aluno um sujeito ativo no processo através de procedimentos experimentais que possibilitem a observação do fenômeno natural explicado com bases científicas.

Vale ressaltar que essas atividades não foram aplicadas pela ausência da aplicação do produto educacional em decorrência da pandemia da COVID-19. Logo, elas servirão como proposta de ensino que poderá ser desencadeada em trabalhos futuros.

## 1.1 Justificativa

Quando se fala em queda livre, automaticamente se imagina um corpo solto em repouso caindo em direção ao solo. E por se tratar de um corpo em queda livre, a principal característica presente nela é a aceleração da gravidade. Influenciada por um campo gravitacional e descoberta por Newton.

Sabendo que o trabalho tem como objeto de estudo o movimento dos corpos em queda livre, é importante ressaltar que é um assunto que, por si só, é de grande interesse para aqueles que se dedicam ao estudo da Física em função da riqueza conceitual que carrega consigo tanto em relação às ideias físicas acerca de força, movimento e princípios de conservação, quanto da linguagem matemática empregada em tais conceitos, quanto também das próprias ideias astronômicas (TEIXEIRA et al, 2010). Outras vezes, este assunto é tratado de maneira extremamente sucinta, limitando-se a enunciar a lei da Gravitação Universal, como se ela fosse um simples postulado matemático, sem a menor preocupação de apresentar sua elaboração e suas aplicações. (MÁXIMO, 2010, p.196).

Opta-se por trabalhar com o assunto de queda livre porque já é considerado clássico nos livros didáticos, com fórmulas clássicas do movimento uniformemente variado, tendo um valor estabelecido para a gravidade. E assim, a gravidade pode ser explorada e discutida de diversas maneiras, dentre delas é a variação do valor dependente da altitude, fato devido ao efeito inercial de rotação e achatamento da Terra. Não pretendemos desconsiderar a base científica envolvida na compreensão e construção dos produtos tecnológicos, mas sim, buscamos a construção de uma visão tecnológica inserida na solução de problemas concretos onde, através da manipulação de novas tecnologias os alunos aprendam não somente como utilizá-las, mas também possam refletir sobre as implicações sociais e as diversas possibilidades de utilização dessas (JUNIOR et al., 2016).

As lacunas apresentadas pelos autores citados deixam um fio da meada para que a pesquisa aqui possa avançar em diversos parâmetros, buscando mais resultados concretos, discutindo, por exemplo, o valor da aceleração da gravidade em diversos locais da cidade e em diversos estados do país. Devemos mostrar que a mudança do valor de  $g$  em cada local decorre da altitude e latitude, devido ao efeito inercial de rotação e achatamento da Terra. Isso foi possível graças ao uso da ferramenta computacional tecnológica *Hackeduca Conecta (Scratch para Arduino)*.

Pode-se afirmar que muitos jovens têm vasta experiência e bastante familiaridade na interação com novas tecnologias, mas tem pouca experiência para criar (coisas) com novas tecnologias e expressarem-se com elas. É quase como se conseguissem ler, mas não conseguissem escrever com as novas tecnologias (RESNICK, 2012 apud BRACKMANN, 2017).

O uso do computador com o *Scratch* facilita o entendimento a respeito de programação, contribuindo para o *Arduino*, uma placa que vem sendo utilizada com sucesso. Ela é composta por um microcontrolador e uma série de portas analógicas e digitais que, em conjunto, fazem o controle de saída e entrada de dados através do microcontrolador.

Sendo assim, tendo uma plataforma que serve como interface entre o *Scratch* ao *Arduino*, chamada de programação em blocos para o *Arduino* (*Hackeduca*), buscamos desenvolvê-la diversas animações de forma computacional para se ensinar queda livre aos alunos do Ensino Médio, usando a Teoria de Aprendizagem Jerome Bruner, Aprendizagem por descoberta.

## **1.2 Problema da Pesquisa**

De que modo o material de apoio (produto educacional) pode potencializar o ensino-aprendizagem de Queda livre no 1º ano do Ensino Médio?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

Elaborar um material de apoio (produto educacional) utilizado em sala de aula abordando a Queda livre.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Estudar o movimento de um objeto em queda no ar;
- Determinar a aceleração por procedimentos gráficos;
- Oportunizar ao estudante a relação dos conceitos teórico-científicos da Ciência Física com a prática da sua realidade.

## 1.4 Plano da Dissertação

Este trabalho é composto de 7 Capítulos e 02 Apêndices, cuja apresentação e conteúdo tem a seguinte estruturação:

O Capítulo 1, Introdução, apresenta o propósito e justificativa deste estudo, problema da pesquisa, objetivo geral, objetivos específicos e a estruturação dos capítulos da Dissertação de Mestrado.

O Capítulo 2, Fundamentação Teórica, apresenta a Teoria da Aprendizagem por descoberta de Jerome Bruner, síntese dos PCN'S e BNCC no ensino de Física atreladas às competências da BNCC.

O Capítulo 3 apresenta o objeto de estudo da pesquisa: Queda livre, suas raízes, o formalismo matemático das leis, a queda livre a resistência do ar, a resistência do ar linear e a aceleração da gravidade.

O Capítulo 4 apresenta a Interface *Hackeduca Conecta*, aplicativo, ferramentas usadas, origem e a aplicação na pesquisa.

O Capítulo 5, Procedimentos Metodológicos, apresenta a caracterização da pesquisa, considerações sobre o local de desenvolvimento do projeto, público-alvo, delineamento de atividades e os momentos da pesquisa.

O Capítulo 6, as Considerações Finais e o que se espera do trabalho.

## Capítulo 2

# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Teoria de Jerome Bruner: Aprendizagem por descoberta

Borges et al (2020) destaca que nos estudos de Bruner, ele queria entender como as pessoas interpretavam o mundo, e não apenas suas reações automáticas. Por isso, liderou uma revolução cognitiva explorando o estudo da mente e contestando o behaviorismo que se apegava aos fenômenos observáveis. O pesquisador considerou a sensação e percepção humanas como sistemas ativos e não apenas receptivos. Assim, as análises estavam centradas em um indivíduo funcional, sendo que suas investigações visavam compreender a maneira como as pessoas criavam modelos conceituais e como codificavam as informações baseadas neles.

Ainda de acordo com o autor, Bruner pressupôs que a aprendizagem é um processo interno e não apenas um produto dos fatores externos ao aprendiz. Sua teoria concedeu destaque à curiosidade do aluno e à ação professoral no incentivo da exploração discente, daí ser chamada de teoria da descoberta.

Bruner apelida a sua teoria de instrumentalismo evolucionista, uma vez que, para o psicólogo e pedagogo norte-americano Bruner, o homem depende das técnicas para a realização da sua própria humanidade. A teoria de aprendizagem de Bruner baseia-se no método da descoberta, com base na ideia de que o conhecimento da estrutura das disciplinas exige a utilização das metodologias das Ciências que suportam as várias disciplinas do currículo.

Ele é um dos principais líderes da revolução cognitiva, e defende o construtivismo, ou seja, como as pessoas constroem significados ou como interpretam o mundo que as cercam. Por isso, os construtivistas consideram que o professor deve se preocupar mais em entender como seus estudantes pensam, como eles raciocinam para só depois pensarem em como os conteúdos escolares devem ser ensinados. E além disso, o construtivismo defende que conhecimento e experiência estão fortemente relacionados, ou seja, todo conhecimento adquirido por alguém está vinculado às experiências nas quais esse conhecimento foi construído. Afinal, no construtivismo, o conhecimento se constrói através das experiências.

A teoria de Bruner é uma teoria descritiva e prescritiva, porque é vai além e descreve melhores formas de se ensinar, por isso é uma teoria de ensino. Prescritivo ao estabelecer regras concernentes à melhor maneira de obter conhecimentos ou técnicas, e normativo ao estabelecer os critérios e condições para atender a obtenção de tais técnicas e conhecimentos (FREIRE, 2005).

Segundo Freire (2005) as publicações de Jerome Bruner, em especial, são um marco no referencial teórico das áreas de pedagogia e psicologia, pois integra os conhecimentos das duas áreas propondo diretrizes para a elaboração de currículos e planejamento de cursos. Corroborando com o autor, por isso, eis o motivo de uma estrutura de ensino a ser seguido na teoria dele.

Outro aspecto importante teórico de Bruner para a teoria da aprendizagem são os conceitos de prontidão e de aprendizagem em espiral. No essencial, o conceito de prontidão pode ser enunciado como sendo as bases essenciais de qualquer disciplina científica podendo ser ensinadas em qualquer idade de forma genuína. O conceito de aprendizagem em espiral pode enunciar-se da seguinte forma: qualquer ciência pode ser ensinada, pelo menos nas suas formas mais simples, a alunos de todas as idades, uma vez que os mesmos tópicos serão, posteriormente, retomados e aprofundados mais tarde.

Outro aspecto importante é a ênfase no processo de descoberta e a necessidade de participação ativa da pessoa na aprendizagem ao invés de um simples armazenamento de informações (FREIRE, 2005).

A teoria de Bruner relaciona a natureza e o nível da abstração dos conteúdos com os processos mentais que funcionam ou não num dado estágio, dando ênfase na parte específica qualitativa da compreensão das crianças em cada fase. O teórico considera que as crianças possuem quatro características congênitas, por ele chamadas de predisposições que configuram o gosto de aprender. São elas: a curiosidade, a procura de competência, a reciprocidade e a narrativa.

Borges et al (2020) ilustra a teoria de Bruner através de um esquema com suas principais ideias, como mostra a figura 2.1.

Figura 2.1: Ideias gerais da Teoria de Bruner



Fonte: Borges et al (2020)

A reciprocidade também é uma característica presente nos humanos. Envolve a profunda necessidade de responder aos outros e de operar, em conjunto com outros, para alcançar objetivos comuns. Por fim, a narrativa, entendida como a predisposição para criar relatos e narrativas da nossa própria experiência, como objetivo de transmitir essa experiência aos outros. Nesse contexto, percebe-se que a narrativa permite a partilha das experiências, por isso, é tão importante no processo de aprendizagem. Com a narrativa torna-se possível a partilha de significados e de conceitos, de forma a alcançar modos de discurso que integrem as diferenças de significado e de interpretação.

Durante o processo de ensino, Bruner destaca a aprendizagem por descoberta, através da exploração de alternativas, e o currículo em espiral, capaz de oportunizar ao aprendiz rever os tópicos de diferentes níveis de profundidade. Diante desse contexto o ambiente ou conteúdos de ensino têm que ser percebidos pelo aprendiz em termos de problemas, relações e lacunas que ele deve preencher, a fim de que a aprendizagem seja considerada significativa e relevante.

De acordo com a figura 2.2, este método de ensino, coloca o aprendiz no centro do processo de aprendizagem. Dessa forma, o estudante é capaz de formar novos conhecimentos a partir da experiência cotidiana, consegue também aplicar os novos conhecimentos em novas situações do cotidiano, gerando assim experiências concretas que resultam em observações e reflexões.

Figura 2.2: Aprendizagem por descoberta



Fonte: <http://dialogandocomelo.blogspot.com.br>

Bruner (1976) concentra sua atenção na predisposição para explorar alternativas, partindo da premissa que o estudo e a resolução de problemas, baseiam-se na exploração de alternativas e propõe que a instrução deverá facilitar e ordenar tal processo por parte do aluno. Logo podemos citar alguns pontos que norteiam o processo de exploração de alternativas, tais como: ativação (o que dá início ao processo, ou seja, a curiosidade do estudante), manutenção (deixa o estudante no processo a todo instante) e direção (não permite que o processo seja caótico).

No sentido de caracterizarmos a compressão e a construção intelectual, necessitamos de professores e escolas qualificadas, sendo que os primeiros devem ser detentores de um conhecimento científico suficiente para apresentarem formas e estratégias pedagógicas com didática suficiente que lhes permitam instrumentalizar os alunos para que estes construam os princípios e conceitos físicos que descrevem o cotidiano em que cada aluno encontra-se em sua comunidade e desta forma inicia-los no estudo da física.

Bruner afirma que o ensino estruturado é fundamental para uma boa aprendizagem e o processo de ensino pode ser estruturado ou não estruturado. A seguir, se mostra a estrutura dessa teoria de ensino. No ensino estruturado, a escola ou o professor planejam o processo de ensino-aprendizagem, organizam os conteúdos a serem ensinados em uma

sequência que favoreça a aprendizagem, e em sala de aula, há um encadeamento de procedimentos de estudo, pesquisa e de avaliação das aprendizagens de modo a tentar garantir o sucesso do processo pedagógico.

No ensino não estruturado, o professor delega aos estudantes o controle total ou quase total do processo de ensino-aprendizagem. Por exemplo, o professor pode sugerir um tema de estudo e deixar a critério dos estudantes a decisão de como estudá-los e de como avaliar a aprendizagem.

O ensino por descoberta de Bruner se baseia em quatro princípios, sendo eles, motivação, estrutura, sequência e reforço. E por fim, defende que o ensino tem uma estrutura consistente que é fundamental para os estudantes aprenderem de fato.

### **2.1.1 Estrutura**

Essa questão deve ser tratada de modo a explorar alternativas que levem favorecer a abordagem do professor e o aprendizado do aluno em relação a qualquer assunto, logo podemos mencionar três formas para estruturar os assuntos que o professor pretende trabalhar:

- **Modo de apresentação:** O professor deve apresentar o assunto aos alunos buscando alcançar todas as diferentes expressividades na sala de aula. Para que isso ocorra é necessário um preparo do professor, onde este deve balancear técnica e método adequado a favorecer a construção dos conhecimentos dos alunos de acordo com o nível de desenvolvimento de cada aluno.
- **Economia de apresentação:** Nesse aspecto o professor deve expor os conteúdos de forma gradual partindo do simples ao difícil, como ocorre com o curriculum em forma de espiral proposto por esta teoria. A economia consiste na abordagem sem muito detalhe visando sempre a não desmotivação dos alunos.
- **Poder de apresentação:** A sequência didática escolhida é de suma importância para a apresentação dos conteúdos para que os alunos se sintam motivados e compreendam os assuntos ministrados. A eloquência e sutileza na explanação do professor são fundamentais para que os alunos alcancem um melhor entendimento.

### **2.1.2 Sequência**

A sequência deve ser seguida pelo professor de forma que seja respeitado o desenvolvimento cognitivo de todos os alunos onde estes devem ser guiados, partindo da fase inativa, passando pela fase icônica e chegando à fase simbólica. Buscando sempre esta sequência para que os alunos possam aprender de acordo com sua forma de desenvolvimento.

### **2.1.3 Reforço**

O reforço dos assuntos não pode ser definitivo e sim transitório, haja vista que o conhecimento adquirido deve ser estruturado e construído pelos alunos de forma a deixar estes com um terreno sólido de conhecimento para que estes possam evoluir cada vez mais sem a necessidade de que o professor precise ficar reforçando todos os assuntos.

Levando em considerações esses o referencial teórico da aprendizagem por descoberta, tem como alvo o aluno sendo centro do processo de aprendizagem, como um ser autônomo, investigador, explorador, onde socializará através de sua experiência de vida com os demais membros da turma o novo conceito explorado, descoberto, investigado etc., por ele.

## **2.2 Síntese dos PCN's e BNCC**

O PCN (1997, p. 12) afirma que o discente deve desenvolver a capacidade de investigar e compreender, questionando os processos naturais e tecnológicos, identificando regularidades, apresentando interpretações e prevendo evoluções. Deve também desenvolver o raciocínio e a capacidade de aprender. Com isso, espera-se que o aluno procure e sistematize informações relevantes para a compreensão da situação-problema; formule hipóteses e prever resultados; elabore estratégias de enfrentamento das questões e interprete e critique resultados a partir de experimentos e demonstrações.

Sabendo que a pesquisa deve ser aplicada e voltada para o Ensino Médio e tornando o aluno mais pensador e crítico do conhecimento científico, a BNCC (2017) afirma que o Ensino Médio deve garantir aos estudantes a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática.

Para tanto, a escola que acolhe as juventudes, por meio da articulação entre diferentes áreas do conhecimento, deve possibilitar aos estudantes:

- compreender e utilizar os conceitos e teorias que compõem a base do conhecimento científico-tecnológico, bem como os procedimentos metodológicos e suas lógicas;
- conscientizar-se quanto à necessidade de continuar aprendendo e aprimorando seus conhecimentos;
- apropriar-se das linguagens científicas e utilizá-las na comunicação e na disseminação desses conhecimentos; e
- apropriar-se das linguagens das tecnologias digitais e tornar-se fluentes em sua utilização.

Atrelando essas compreensões às tecnologias digitais, a BNCC defende que:

A contemporaneidade é fortemente marcada pelo desenvolvimento tecnológico. Tanto a computação quanto as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) estão cada vez mais presentes na vida de todos, não somente nos escritórios ou nas escolas, mas nos nossos bolsos, nas cozinhas, nos automóveis, nas roupas etc. Além disso, grande parte das informações produzidas pela humanidade está armazenada digitalmente. Isso denota o quanto o mundo produtivo e o cotidiano estão sendo movidos por tecnologias digitais, situação que tende a se acentuar fortemente no futuro.

Logo, é necessário salientar que a pesquisa está ligada diretamente com ferramentas computacionais e sabendo que ela está cada vez mais presente em nossas vidas cria impacto na formação das novas gerações. Consequentemente, trabalhar com essas ferramentas, exige conhecimento, que é o pensamento computacional.

A BNCC (2017) destaca que o pensamento computacional: envolve as capacidades de compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos; assim, deve-se levar em consideração toda e todo pensamento computacional que o aluno já tem em mente.

Seguindo ainda, umas das habilidades que a BNCC salienta é explorar tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC), compreendendo seus princípios e funcionalidades, e utilizá-las de modo ético, criativo, responsável e adequado a práticas de linguagem em diferentes contextos.

Ainda de acordo com a BNCC (2017), fazendo alusão com a nossa pesquisa, umas das competências específicas de matemática e suas Tecnologias para o ensino médio é:

Investigar e estabelecer conjecturas a respeito de diferentes conceitos e propriedades matemáticas, empregando estratégias e recursos, como observação de padrões, experimentações e diferentes tecnologias, identificando a necessidade, ou não, de uma demonstração cada vez mais formal na validação das referidas conjecturas.

Sendo assim, busca-se a necessidade de realizar todas essas ações a fim de estabelecer essas conjecturas em nosso trabalho, que o Ensino Médio deve, portanto, promover a compreensão e a apropriação desse modo de “se expressar” próprio das Ciências da Natureza pelos estudantes. Outra competência atrelada ao conteúdo da pesquisa que a BNCC defende é:

Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Isso significa, por exemplo, garantir: o uso pertinente da terminologia científica de processos e conceitos (como dissolução, oxidação, polarização, magnetização, adaptação, sustentabilidade, evolução e outros); a identificação e a utilização de unidades de medida adequadas para diferentes grandezas; ou, ainda, o envolvimento em processos de leitura, comunicação e divulgação do conhecimento científico, fazendo uso de imagens, gráficos, vídeos, notícias, com aplicação ampla das tecnologias da informação e comunicação. Tudo isto é fundamental para que os estudantes possam entender, avaliar, comunicar e divulgar o conhecimento científico, além de lhes permitir uma maior autonomia em discussões, analisando, argumentando e posicionando-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia.

## Capítulo 3

### QUEDA LIVRE

#### 3.1 Origem e Definição

Quando se fala em queda livre, automaticamente se imagina um corpo solto em repouso caindo em direção ao solo. E por se tratar de um corpo em queda livre, a principal característica presente nela é a aceleração da gravidade. Influenciada por um campo gravitacional e descoberta por Newton.

Newton chegou à conclusão de que não só a Terra atrai as maçãs e a Lua, mas também cada corpo do universo atrai todos os demais e essa tendência dos corpos de se atraírem mutuamente é chamada de gravitação (RESNICK et al, 1996).

O movimento de queda livre é um movimento uniformemente acelerado, isto é, a velocidade do corpo aumenta sempre numa mesma proporção, ou, dizendo de maneira mais exata, a aceleração sofrida pelo corpo é sempre constante. Como corpos de pesos diferentes caem com a mesma aceleração, esse valor será constante para qualquer corpo em queda livre.

Galileu concluiu que se um corpo pesado e um corpo leve forem abandonados juntos de uma mesma altura, eles cairão juntos, chegando ao mesmo tempo no chão.

Todos os corpos, quando largados no espaço, são atraídos para a superfície da terra, devido à ação da força gravitacional. Qualquer corpo que se move livremente sob a ação exclusiva da gravidade, independentemente do seu movimento inicial, realiza um movimento conhecido como queda livre. No movimento de queda livre não pode existir resistência do ar, ou o seu valor deve ser tão baixo que possa ser desprezado. Quando um corpo se encontra em queda livre na proximidade da superfície terrestre, a força gravitacional que nele atua é praticamente constante. Como consequência, o corpo tem uma aceleração constante  $g$  para o centro da Terra (PERUZZO, 2010 apud SERWAY, 1996).

Nussenzveig (2013) explica que os cientistas da época encontraram bastantes dificuldades na análise do movimento, devido elas estarem relacionadas com o cálculo infinitesimal, derivada, integral, etc., e essa dificuldade era em entender que a soma de uma série infinita de intervalos de tempo tende a zero rapidamente, que em progressão geométrica, a série pode ser finita.

Desde os tempos antigos, o movimento dos corpos e suas causas foram objeto de especulações científicas e filosóficas. A queda dos corpos, o movimento de projéteis e o movimento no vazio e suas consequências inerciais foram temas para os quais convergiram as discussões de muitos filósofos e estudiosos, desde Aristóteles até Galileu. Para os aristotélicos, os movimentos naturais, como o da queda dos corpos, tinham por finalidade assegurar a ordem em um universo hierarquicamente organizado, onde cada elemento possuía o seu lugar natural.

### 3.2 Aristóteles e a queda livre

Dias (2004) afirma que os pensadores helênicos colocaram o problema de explicar a Natureza. O problema era buscar o porquê das transformações ou movimentos, que são observados; entre essas transformações, está o chamado *movimento local* ou deslocamento.

Na tradição herdada por Aristóteles, havia quatro elementos básicos: *terra*, *água*, *ar* e *fogo*; a cada um estavam associadas duas de quatro qualidades primárias fundamentais: *quente* ou *frio*, *úmido* ou *seco*.

Além disso, Aristóteles aderiu a uma corrente filosófica posterior: As propriedades de um corpo seriam parte de sua essência ou forma. A cada um dos elementos acima mencionados corresponderia um *lugar natural* e um *movimento natural*: Aos corpos *pesados*, o centro do Universo; a *água*, ao *ar* e ao *fogo*, respectivamente, esferas concêntricas com a Terra, com raios crescentes nessa ordem. Um corpo só poderia se mover, quando se encontrasse fora de seu *lugar natural*; portanto, a corpos *pesados* corresponderia um movimento natural em *linha reta para baixo*, em direção ao centro do Universo; os corpos *leves* (*fogo*) movimentar-se-iam em *linha reta para cima*, em direção à sua esfera; a *água*, quando na *terra*, movimentar-se-ia para *cima* e, quando no *ar*, para *baixo*; o *ar*, quando na *terra* ou na *água*, movimentar-se-ia para *cima*, mas, quando no *fogo*, para *baixo*. Quando se encontram em seu *lugar natural*, os corpos não se movem.

E ainda de acordo com o autor, Aristóteles entendeu que corpos mais pesados caem mais rapidamente que corpos mais leves. Ele nunca escreveu uma fórmula, nem poderia, pois o mundo sublunar não era matematizado, somente o movimento dos astros. Entretanto, historiadores expressaram as ideias de Aristóteles assim:

$$v = \frac{W}{R} \quad (3.1)$$

onde  $v$  é a velocidade de queda;  $W$ , o peso;  $R$ , a resistência. Esses termos não podem ser entendidos em seu sentido moderno: velocidade é mais bem entendida como simples celeridade ou rapidez, sem indicar espaço percorrido em um tempo.; peso designa a simples tendência natural de queda, que difere, segundo Aristóteles, de corpo a corpo; resistência é um conceito suficientemente vago para incluir, em termos modernos, tanto uma resistência do meio, quanto a inércia dos corpos.

A imobilidade da Terra, situada em uma posição central no universo, podia ser constatada por evidências corriqueiras do dia a dia, propiciadas, por exemplo, pelos pássaros que não ficam “para trás” quando voam das árvores para o solo em busca de alimento e pelo retorno ao ponto de lançamento de um objeto projetado verticalmente para cima. As dificuldades da física aristotélica com o conceito de antiperistasis para explicar a causa física do movimento não natural de um projétil levou Hiparco a introduzir o conceito de força impressa e Buridan à teoria do *impetus*.

Tanto a física aristotélica (no caso de movimentos violentos) como a física da força impressa e a física do *impetus* mantinham a crença comum de que só era possível a permanência de um objeto em movimento se sobre ele agisse continuamente uma força/*impetus*. Desse modo, os incrementos ou as diminuições na velocidade de um objeto representavam, inequivocamente, variações na intensidade da força/*impetus* que o deslocava. Enquanto entre os aristotélicos a presença de um meio era indispensável para que se processasse qualquer movimento, para alguns partidários da teoria do *impetus*, como *Oresme*, isso não era necessário, primeiro pela forma com que um corpo era capaz de ceder um *impetus* a outro e segundo porque, para um *impetus* autoextinguível, nenhum movimento poderia resultar infinito, ainda que se efetuasse no vácuo.

Já o universo, para Galileu, mesmo sem as hierarquias aristotélicas e sendo muito mais amplo do que o imaginado por Copérnico, é finito. Por isso ele só admitia um movimento perpétuo em trajetórias circulares. Ao chegar à conclusão de que em um movimento com aceleração constante a velocidade de um corpo varia uniformemente com o tempo e que o movimento de um objeto sob a ação da gravidade (se desprezada a resistência do ar) é o seu mais notável exemplo, Galileu desconsidera a(s) causa(s) do movimento. Assim, ele não sabe por que a queda dos corpos, sem resistência, independe de suas massas. A explicação do porquê de os corpos caírem, tal como hoje é aceita pela ciência, vai exigir uma conceituação clara e precisa do conceito de força – e isso se deve a Isaac Newton (1642-1727).

Galileu observou em seu experimento que, em intervalos de tempo iguais, a bola percorria distâncias proporcionais a inteiros ímpares, 1, 3, 5, 7, ... Concluiu, então, que as distâncias aumentavam com o quadrado do tempo. Sabemos hoje que isso ocorre somente quando a aceleração envolvida é constante. Galileu mostrou também que a aceleração de queda livre é independente da massa do objeto (PERUZZO, 2010).

As experiências de Galileu e outras posteriores, acabaram estabelecendo como fato experimental que o movimento de queda livre de um corpo solto ou lançado verticalmente, na medida em que a resistência do ar possa ser desprezada, é um movimento uniformemente acelerado, em que a aceleração é a mesma para todos os corpos, embora sofra pequenas variações de ponto a ponto da terra, devido a altitude e latitude do lugar. A aceleração da gravidade é indicada por  $g$  e seu valor aproximado é

$$g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$$

Assim, Cassemiro (2011) ressalta em seu trabalho que Galileu teve suas conclusões, sendo elas: Todos os corpos, independentemente de sua massa, forma ou tamanho, caem com a mesma aceleração; as distâncias percorridas por um corpo em queda livre são proporcionais ao quadrado dos tempos gastos em percorrê-las, isto é, a função horária das posições,  $s = f(t)$ , é do 2º grau.

Partindo de um exemplo clássico da Física que se estuda no Ensino Médio, Ensino Superior etc., é a queda de uma moeda, por exemplo, situada a uma altura  $h$ , com uma certa velocidade inicial ( $v_0 = 0$ ), é possível prever o valor da aceleração da gravidade  $g$  proveniente da função horária do espaço do movimento uniformemente variado (MUV):

$$g = \frac{2h}{t^2} \tag{3.2}$$

onde,  $g$  é a gravidade, medida em  $\text{m/s}^2$ ,  $h$  é a altura medida em metros (m) e  $t$  é o tempo, medido em segundos (s). É possível observar na equação que o deslocamento da altura  $h$  é proporcional ao tempo ao quadrado. O mesmo pensamento obtido por Galileu quando se realizou o experimento do plano inclinado. Se fizermos uma manipulação matemática na equação acima, substituir  $h/t = v$ , onde  $h$  é a própria distância na vertical, teremos a seguinte equação:

$$g = \frac{v}{t} \quad (3.3)$$

Logo, pode-se observar que com a queda do corpo, a velocidade se dá de maneira linear com o tempo, ou seja, aumenta à medida que o tempo aumenta.

A equação (2) é oriunda da função horária do espaço, do movimento uniformemente variado (MUV), dada abaixo:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (3.4)$$

onde, “s” é a posição final,  $s_0$  é a posição inicial, ambas medidas em metros (m)  $v_0$  é a velocidade inicial, medida em m/s e “t” é o tempo em segundos (s), e “a” é a aceleração, medida em  $m/s^2$ , que nesse caso, que se trata da queda livre, a aceleração é a própria gravidade, onde o sinal vai depender da direção.

Substituindo “a” pela gravidade, teremos a seguinte equação:

$$s = s_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad (3.5)$$

Quando a houver a condição de que o objeto em queda livre, parte do repouso, voltará novamente para a equação (2). A equação (05) é solução da formulação de duas leis fundamentais, a lei da gravitação universal e a segunda lei de Newton, sendo a formulação

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = - \frac{GM_T m}{R_T^2} \quad (3.6)$$

Segundo a modelagem de Cassemiro (2011), considerando  $g = \frac{GM_T}{R_T^2}$  e estabelecendo as condições iniciais  $x(0) = x_0$  e  $x'(0) = v(0) = v_0$ . Sendo  $x$  a distância medida em relação à superfície da Terra e já tendo sido feitas as simplificações decorrentes do fato de que  $x \ll R_T$ .

Outro caso, para se estudar a queda livre, é a função horária da velocidade, equação matemática que permite calcular a velocidade a partir da aceleração. Desta forma, ela se encontra abaixo:

$$v = v_0 + at \quad (3.7)$$

onde, pode-se observar que essa equação é do primeiro grau, sendo assim, terá como gráfico uma reta. Novamente, substituindo a aceleração pela gravidade, teremos a seguinte equação:

$$v = v_0 \pm gt \quad (3.8)$$

Nesse caso, quando o corpo/objeto partir do repouso, voltará ao caso da equação (3).

E, uma outra equação que rege o conteúdo de queda livre, que está presente no MUV é a equação de Torricelli, que permite calcular tanto a velocidade quanto a posição a partir da aceleração, fazendo a analogia para o caso da queda livre, se permite a partir da gravidade, calcular a velocidade e posição de determinado corpo/objeto:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s \quad (3.9)$$

Substituindo a aceleração pela gravidade, e a posição pela altura, teremos a seguinte equação de Torricelli para a queda livre:

$$v^2 = v_0^2 \pm 2g\Delta h \quad (3.10)$$

Assim, todas as equações do MUV, são aproveitadas no assunto de queda livre, uma vez que a aceleração é utilizada como a gravidade no objeto de estudo. O sinal sempre vai depender da direção.

Outras possibilidades para a medida da aceleração da gravidade mais comuns são o uso de recursos eletrônicos com largadores eletromagnéticos e cronômetros de maior precisão, que são equipamentos nem sempre acessíveis à maioria das escolas, em medida direta (PAIVA; DE ARAÚJO, 2014 apud MAROJA, 2005), determinação de  $g$  através

da captação do som de impacto com o solo (PERUZZO, 2010). E o método inovador aqui, servirá como base para a resolução de problemas envolvendo o aplicativo *Hackeduca Conecta*.

Se o leitor arremessasse um objeto para cima ou para baixo e pudesse de alguma forma eliminar o efeito do ar sobre o movimento, observaria que o objeto sofre uma aceleração constante para baixo, conhecida como aceleração em queda livre, cujo módulo é representado pela letra  $g$ . O valor dessa aceleração não depende das características do objeto, como massa, densidade e forma; é a mesma para todos os objetos (HALLIDAY et al, 2012).

### **3.3 Resistência do Ar e a Queda Livre**

Frequentemente vemos corpos pesados caírem mais rapidamente do que corpos mais leves, o que aparentemente contraria a conclusão de Galileu. Uma manga cai da árvore mais rapidamente do que uma folha seca. Isso se deve à força de resistência do ar, que atua sempre no sentido contrário ao movimento do corpo. Todos os corpos, ao caírem no ar, sofrem o efeito dessa força, porém, nos corpos mais leves, esse efeito é mais forte e, por isso, no ar, os corpos muito leves demoram mais tempo para caírem.

A palavra vácuo significa vazio. No vácuo, isto é, na ausência de ar, dois corpos de pesos diferentes cairiam simultaneamente, de acordo com o que previu Galileu. Assim, se fizermos vácuo em um recipiente, e deixarmos cair uma pena de passarinho e uma bola de sinuca, ambas chegarão ao chão juntas, pois não haverá ar para oferecer resistência ao movimento de queda desses corpos.

A conclusão de Galileu também é válida em situações em que a resistência do ar é tão pequena que pode ser desprezada. Esse movimento de queda que ocorre sem a interferência da resistência do ar é chamado de queda livre.

A resistência do ar é importante e precisa ser levada em consideração para gerar uma excelente aproximação ao se resolver um problema de Física quando se envolve o movimento de um corpo sujeito à força da gravidade e da resistência do ar.

Tomando como referência alguns artigos como o de Casemiro (2011) e a priori o livro de Taylor (2013) de Mecânica clássica, se pode fundamentar os cálculos com base neles.

E umas das propriedades básicas da força de resistência, ou arrasto,  $f$  do ar, ou outro meio, através do qual um objeto está se movendo, visto que o ar é um meio no qual

a maioria dos projéteis se move. O fato mais óbvio sobre a resistência do ar, bastante conhecido por quem anda de bicicleta, é que ela depende da velocidade  $\mathbf{v}$ , do objeto em questão. Além disso, para muitos objetos, a direção da força devido ao movimento através do ar é oposta a velocidade  $v$ . No entanto, será assumido que  $\mathbf{f}$  e  $\mathbf{v}$  apontam em direções opostas, isto é, considerando apenas objetos para os quais as forças laterais são zero, ou pelo menos pequenas o bastante para serem desprezadas, ou seja:

$$\mathbf{f} = -f(v)\hat{\mathbf{v}} \quad (3.11)$$

onde  $\hat{\mathbf{v}} = \mathbf{v}/|\mathbf{v}|$  denota um vetor unitário na direção de  $\mathbf{v}$ , e  $f(v)$  é a magnitude de  $\mathbf{f}$ . A função  $f(v)$  que fornece a magnitude da resistência do ar varia com  $v$  de forma complicada, especialmente quando a velocidade do objeto se aproxima da velocidade do som. Entretanto, para velocidades baixas, geralmente é uma boa aproximação considerar

$$f(v) = bv + cv^2 = f_{lin} + f_{quad} \quad (3.12)$$

onde  $f_{lin}$  e  $f_{quad}$  significam os termos linear e quadrático, respectivamente,

$$f_{lin} = bv \quad e \quad f_{quad} = cv^2 \quad (3.13)$$

As origens físicas desses dois termos são completamente diferentes: o termo linear,  $f_{lin}$ , surge a partir do arrasto viscoso do meio e é geralmente proporcional à viscosidade do meio e do comprimento linear do projétil. O termo quadrático,  $f_{quad}$ , surge do fato de que o projétil tem que acelerar a massa de ar com a qual ele está continuamente colidindo;  $f_{quad}$  é proporcional à densidade do meio e à área da seção transversal do projétil. Em particular, para um projétil esférico (uma bala de canhão, uma bola de beisebol ou uma gota de chuva), os coeficientes  $b$  e  $c$ , possuem a mesma forma

$$b = \beta D \quad e \quad c = \gamma D^2 \quad (3.14)$$

onde  $D$  denota o diâmetro da esfera e os coeficientes  $\beta$  e  $\gamma$  dependem da natureza do meio. Para um projétil esférico no ar sob condições normais de temperatura e pressão (CNTP), elas têm os valores aproximados

$$\beta = 1,6 \times 10^{-4} N \cdot \frac{s}{m^2} \text{ e } \gamma = 0,25 N \cdot s/m^4 \quad (3.15)$$

É preciso lembrar de que esses valores são válidos apenas para a esfera movendo-se através do ar em CNTP. No entanto, elas fornecem pelo menos uma ideia aproximada da importância da força de arrasto mesmo para corpos não esféricos movendo-se através de diferentes gases para qualquer temperatura e pressão normais.

Acontece que se pode desprezar um dos termos na equação (3.14) quando comparado ao outro e isso simplifica a tarefa de resolução da segunda lei de Newton. Para decidir se isso acontece em um dado problema, e qual o termo que se pode desprezar, é preciso comparar as magnitudes desses dois termos

$$\frac{f_{quad}}{f_{lin}} = \frac{cv^2}{bv} = \frac{\gamma D}{\beta} = (1,6 \times 10^3 s/m^2) Dv \quad (3.16)$$

se usarmos os valores da equação (3.15) para uma esfera no ar.

### 3.4 Resistência do ar linear

Considerando a princípio um projétil para o qual a força de arrasto quadrática é desprezível, de modo que a força de resistência do ar é dada pela equação (3.12). Pode-se ver como a força de arrasto é linear em  $\mathbf{v}$ , as equações do movimento são muito simples de serem resolvidas. As duas forças sobre o projétil são o peso  $\mathbf{w} = m\mathbf{g}$  e a força de arrasto  $\mathbf{f} = -b\mathbf{v}$ . Logo, a segunda lei,  $m\ddot{\mathbf{r}} = \mathbf{F}$ , fica

$$m\ddot{\mathbf{r}} = m\mathbf{g} - b\mathbf{v} \quad (3.17)$$

E como nenhuma das forças depende de  $\mathbf{r}$ , uma característica interessante dessa relação é que a equação do movimento não envolve o próprio  $\mathbf{r}$  (apenas a primeira e a

segunda derivada de  $r$ ). Na verdade, podemos escrever  $\ddot{\mathbf{r}}$  como  $\dot{\mathbf{v}}$  e a equação (3.17) se torna

$$m\dot{\mathbf{v}} = m\mathbf{g} - b\mathbf{v} \quad (3.18)$$

uma equação diferencial de primeira ordem para  $\mathbf{v}$ . Essa simplificação surge porque as forças dependem apenas de  $\mathbf{v}$  e não de  $\mathbf{r}$ . Isso significa que temos que resolver apenas a equação diferencial de primeira ordem para  $\mathbf{v}$  e em seguida integrar  $\mathbf{v}$  para determinar  $\mathbf{r}$ . Com isso, a equação do arrasto linear fica em duas dimensões, tendo duas componentes, em  $x$  para a direita e em  $y$  para baixo, tornando-se

$$m\dot{v}_x = mg - bv_x \quad e \quad m\dot{v}_y = mg - bv_y \quad (3.19)$$

Ou seja, duas equações separadas, uma para  $v_x$  e outra para  $v_y$ ; e as duas são independentes entre si. Isso ocorre porque a força de arrasto é linear em  $\mathbf{v}$ . Caso a força de arrasto fosse quadrática, ficaria

$$\mathbf{f} = -cv^2\hat{\mathbf{v}} = -c\mathbf{v}\mathbf{v} = -c\sqrt{v_x^2 + v_y^2}\mathbf{v} \quad (3.20)$$

logo, teria que substituir o termo  $-b\mathbf{v}$  pela equação (3.19). No lugar da equação (3.18), teria

$$m\dot{v}_x = -c\sqrt{v_x^2 + v_y^2}v_x \quad e \quad m\dot{v}_y = mg - c\sqrt{v_x^2 + v_y^2}v_y \quad (3.21)$$

Cada equação envolve as duas componentes, e ainda assim, são equações diferenciais acopladas muito mais difíceis de serem resolvidas do que as equações desacopladas do caso linear. E como elas são desacopladas, pode-se resolver cada equação para o arrasto linear separadamente e, em seguida, por as duas soluções juntas. Cada equação resolve um problema para dada dimensão, uma para a horizontal e outra para a vertical.

## Movimento vertical com arrasto linear

Considerando um projétil que está sujeito à resistência do ar linear e que é lançado verticalmente para baixo. As duas forças sobre o projétil são a gravidade e a resistência do ar. Se for medido verticalmente para baixo, a única componente interessante da equação de movimento é a componente  $y$ , que é dada por

$$m\dot{v}_y = mg - bv_y \quad (3.22)$$

Com a velocidade para baixo ( $v_y > 0$ ), a força de retardo é para cima, enquanto a força da gravidade é para baixo. Se  $v_y$  é pequena, a força da gravidade é mais importante do que a força de arrasto e o objeto que cai acelera seu movimento para baixo. Isso continuará até que a força de arrasto se iguale ao peso. A velocidade na qual essa igualdade ocorre é facilmente determinada tomando a equação (3.2) igual a zero, para obter  $v_y = mg/b$  ou  $v_y = v_{lim}$ , onde fica definida a **velocidade limite**,  $v_{lim} = \frac{mg}{b}$ , para o arrasto linear.

A velocidade limite é a velocidade com que o projétil irá eventualmente cair, se tiver tempo para que atinja essa velocidade. E como depende de  $m$  e  $b$ , ela é diferente para cada tipo de corpo, dimensão e tamanho. Por exemplo, se dois objetos têm a mesma forma e tamanho ( $b$  é o mesmo para ambos), o objeto mais pesado terá maior velocidade limite igual o esperado. Como  $v_{lim}$  é inversamente proporcional ao coeficiente  $b$  da resistência do ar, se pode imaginar  $v_{lim}$  como a medida inversa da importância da resistência do ar, quanto maior a resistência do ar, menos  $v_{lim}$ .

Agora será discutido como o projétil se aproxima dessa velocidade. Isso é determinado pela equação do movimento, equação (3.21), a qual pode ser reescrita como

$$m\dot{v}_y = -b(v_y - v_{lim}) \quad (3.23)$$

Essa equação diferencial pode ser resolvida de diversas formas. É possível observar que ela é quase a mesma que a equação (3.18) para o movimento horizontal, exceto pelo fato de que no lado direito agora fica  $(v_y - v_{lim})$  em lugar de  $v_x$ . O artifício para resolver essa equação vertical (23) é introduzir a nova variável  $u = (v_y - v_{lim})$ , que satisfaz  $m\dot{u} = -bu$  (já que  $v_{lim}$  é constante). Como ela é a mesma que a equação (3.18)

para o movimento horizontal, a solução para  $u$  é exponencial,  $u = Ae^{-t/\tau}$ . Vale lembrar que a constante  $k$  vale  $k = 1/\tau$ . Logo,

$$v_y - v_{lim} = Ae^{-t/\tau} \quad (3.24)$$

Quando  $t = 0$ ,  $v_y = v_{y0}$ , assim  $A = v_{y0} - v_{lim}$  e a solução final para  $v_y$ , como uma função de  $t$ , é

$$v_y(t) = v_{lim} + (v_{y0} - v_{lim})e^{-t/\tau} \quad (3.25)$$

$$= v_{y0}e^{-t/\tau} + v_{lim}(1 - e^{-t/\tau}) \quad (3.26)$$

Essa segunda expressão fornece  $v_y(t)$  como a soma de dois termos: o primeiro é igual a  $v_{y0}$  quando  $t = 0$ , mas vai para zero à medida que  $t$  cresce; o segundo é igual a zero quando  $t = 0$ , mas se aproxima de  $v_{lim}$  quando  $t \rightarrow \infty$ . Em particular, quando  $t \rightarrow \infty$ ,  $v_y(t) \rightarrow v_{lim}$  como previsto.

Examinando o resultado da eq. (3.26) com um pouco mais de detalhes para o caso em que  $v_{y0} = 0$ , ou seja, quando o projétil é largado a partir do repouso. Nesse caso, a eq. (3.26) torna-se

$$v_y(t) = v_{lim}(1 - e^{-t/\tau}) \quad (3.27)$$

O significado do tempo  $\tau$  para um corpo em queda é facilmente obtido a partir da eq. (3.27). Quando  $t = \tau$ , tem-se

$$v_y = v_{lim}(1 - e^{-1}) = 0,63v_{lim} \quad (3.28)$$

Ou seja, em um tempo  $\tau$ , o objeto alcança 63% de sua velocidade limite.

A velocidade do objeto de fato nunca atinge  $v_{lim}$ , mas  $\tau$  é uma boa medida de quão rapidamente a velocidade se aproxima de  $v_{lim}$ . Em particular, quando  $t = 3\tau$ , a velocidade é 95% da  $v_{lim}$ , e para muitos propósitos, pode-se dizer que, após um tempo  $3\tau$ , a velocidade é igual a  $v_{lim}$ .

Se o objeto parte ou não do repouso, pode-se determinar sua posição  $y$  como uma função do tempo integrando a fórmula conhecida da eq. (25) de  $v_y$

$$v_y(t) = v_{lim} + (v_{y0} - v_{lim})e^{-t/\tau} \quad (3.29)$$

Assumindo que a posição inicial do projétil é  $y = 0$ , segue que

$$y(t) = \int_0^t v_y(t') dt' \quad (3.30)$$

$$= v_{lim}t + (v_{y0} - v_{lim})\tau(1 - e^{-t/\tau}) \quad (3.31)$$

A equação  $y(t)$  pode ser combinada com a equação de  $x(t)$ , que não convém para a situação específica de queda livre.

### 3.4 A aceleração da gravidade

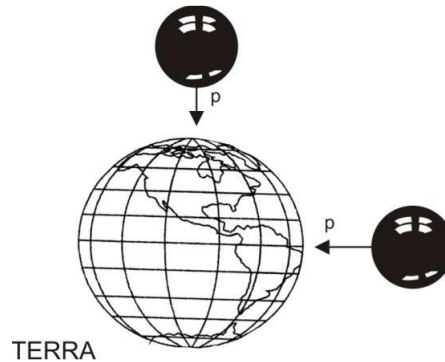
O movimento de queda livre é um movimento uniformemente acelerado, isto é, a velocidade do corpo aumenta sempre numa mesma proporção, ou, dizendo de maneira mais exata, a aceleração sofrida pelo corpo é sempre constante. Como corpos de pesos diferentes caem com a mesma aceleração, esse valor será constante para qualquer corpo em queda livre. A essa aceleração damos o nome de aceleração da gravidade. A aceleração da gravidade é representada pela letra  $g$ . Fazendo medidas precisas, chegou-se à conclusão de que o valor da aceleração da gravidade vale aproximadamente  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , isto é, quando um corpo cai, sua velocidade aumenta  $9,8 \text{ m/s}$  em cada segundo.

Caniato (2013) ressalta que a Lei da Gravitação Universal resulta de uma nova definição, oferecida por Newton, para a 3ª lei de Kepler, cuja equação permite a decorrência de uma força de atração (gravitacional) entre dois objetos, sendo ela diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente ao quadrado da distância entre os objetos.

Considerando a fig. 3.1 apresentada, observamos que a Terra, possui massa  $M$  e raio  $R$  e, portanto, exerce uma força de atração gravitacional sobre um corpo, de massa  $m$ , localizado na sua superfície. A distância entre o centro de gravidade da Terra e o corpo é " $d$ ", que é igual ao raio ( $d = R$ ). Desprezando-se os efeitos de rotação da Terra, a força

gravitacional será o próprio peso do corpo. É possível observar a aceleração da gravidade em decorrência da atração gravitacional.

Figura 3.1: Esquema da análise da aceleração da gravidade



Fonte: Casseiro (2011)

$$F = P \quad (3.32)$$

$$G \frac{Mm}{R^2} = mg \quad (3.33)$$

Então, a intensidade do campo gravitacional ou aceleração da gravidade na superfície é dada por:

$$g = G \frac{M}{R^2} \quad (3.34)$$

Sendo assim, a aceleração da gravidade, como se pode ver na eq. (3.34) envolve a constante gravitacional, característica de planeta/corpo gravitacional, a massa do planeta e raio dele ao quadrado.

Caso o corpo esteja a uma altura "h" em relação à superfície, a distância "d" passará para R + h e a aceleração gravitacional é modificada para:

$$g_h = G \frac{M}{(R + h)^2} \quad (3.35)$$

Note que para  $h \ll R$  (pequenas alturas), a intensidade do campo gravitacional é praticamente constante, sendo  $g_h \sim g$ .

Fazendo relação com o trabalho de Casseiro (2011), ele afirma que o senso comum sugere que o modelo dado pela eq. (3.35) não pode descrever, de um modo geral,

o movimento de objetos nas proximidades da superfície da Terra, logo falta adicionar a resistência do ar, força de viscosidade, que já foi dita anteriormente. E desse modo, se pode escrever a equação de movimento da seguinte forma

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \beta \frac{dx}{dt} = -g \quad (3.36)$$

considerando  $\frac{dx}{dt}$  a velocidade e a equação de segunda ordem da mesma derivada, a aceleração, onde  $\beta = \frac{\alpha}{m}$ , o  $\alpha$  é uma constante que depende do meio, das dimensões, composições e formato, tendo uma solução

$$x_\beta = \left( \frac{g}{\beta^2} + \frac{v_0}{\beta} \right) e^{-\beta t} + x_0 + \frac{g}{\beta^2} + \frac{v_0}{\beta} - \frac{gt}{\beta} \quad (3.37)$$

Levando em consideração que as eq. (3.6) e (3.37) terão que coincidir no limite quando  $\beta$  tender a zero, já que a equação (3.6) se reduz a eq. (3.36) quando  $\beta \rightarrow 0$ . E isso mostra que as equações que regem a queda livre se tornam muito mais complexas.

A seguir, uma tabela com os valores das variações da aceleração da gravidade terrestre com a altitude:

Tabela 3.1: Variação da aceleração da gravidade

| Altitude (km) | $g(m/s^2)$ |
|---------------|------------|
| 0             | 9,81       |
| 1000          | 7,33       |
| 2000          | 5,68       |
| 3000          | 4,53       |
| 4000          | 3,70       |
| 5000          | 3,08       |
| 6000          | 2,60       |
| 7000          | 2,23       |
| 8000          | 1,93       |
| 9000          | 1,69       |
| 10000         | 1,49       |

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/mpef>

A tabela 3.1 mostra a variação da aceleração da gravidade ao decorrer de determinada altitude. Isso explica que a gravidade tem um valor para cada certo lugar, como, por exemplo, a gravidade na lua é muito menor do que no planeta Terra. Fazendo uma alusão com outros estados e cidades, a gravidade no Amazonas tem uma pequena

variação na sua segunda casa decimal comparado com outro da região nordeste por exemplo. Isso acontece devido a latitude, a altitude do local no caso.

O PCN+ segundo Moretti (2012, p.24) teve entre seus principais objetivos articular as competências gerais que se deseja promover com os conhecimentos disciplinares. Dentre as expectativas dos PCN+, a Física aparece como uma disciplina em que é importante não apenas trabalhar os conteúdos programáticos tradicionais da Mecânica, da Termodinâmica, da Ótica, do Eletromagnetismo e da Física Moderna, mas também escolher conteúdos em torno dos quais seja possível estruturar e organizar o desenvolvimento das competências. É nessa perspectiva que o ensino de Astronomia ganha vida no novo currículo.

Nascimento (2007) tem a intenção de demonstrar como a história da ciência pode ser utilizada quando se busca uma aprendizagem significativa em torno da mesma temática do nosso interesse: sistemas de mundo em torno do desenvolvimento dos modelos, mudanças de paradigmas, revoluções científicas e aperfeiçoamento deles. O autor estabelece um paralelo com este processo histórico e o próprio desenvolvimento da aprendizagem dos alunos.

Entre as suas várias realizações científicas podemos citar seu trabalho intitulado "Principia" onde ele formulou as leis do movimento que são os fundamentos da mecânica. Com base nestas leis, Newton conseguiu explicar porque os planetas obedecem às leis de Kepler. O "Principia" é, provavelmente, o mais importante trabalho científico escrito até hoje. Newton mostrou que a gravidade não somente faz uma maçã cair ao chão, mas também governa os movimentos dos planetas e seus satélites. A teoria da gravitação de Newton deve se aplicar a quaisquer corpos até mesmo, por exemplo, a estrelas binárias. Newton expressou a lei universal da gravitação em forma matemática, mostrando que a força da gravidade cai inversamente com o quadrado da distância entre dois corpos. Newton mostrou que a lei da gravitação poderia explicar tanto as marés sobre a Terra como a precessão dos equinócios.

Newton desenvolve a gravitação no Livro III dos Principia. Na introdução desse livro, ele alerta o leitor, mesmo àquele mais versado na matemática, para as dificuldades que pode encontrar nas muitíssimas proposições tratadas nos Livros I e II. Assim, recomenda a leitura atenta das leis do movimento e das três primeiras seções do Livro I, antes de começar "O Sistema do Mundo".

Em seus primeiros questionamentos sobre o movimento dos corpos, Newton não foi exceção à regra do senso comum, pois acreditava que uma força inerente aos corpos os mantinha em movimento quando não mais em contato com seus agentes motores.

Entre as inúmeras propostas de transformar a educação científica, estão as abordagens histórico-filosóficas e as temáticas e o uso dos computadores e de filmes de ficção científica como ferramenta de ensino-aprendizagem. Essas propostas têm por objetivo contextualizar o conteúdo estudado, tornando as aulas de Ciências mais interessantes e atraentes.

Cohen (1983, 1988) acentua o papel da terceira lei de Newton na compreensão deste acerca da interação mútua entre os corpos, e transcreve duas passagens do *Principia* que deixa isso claro, um trecho das quais será reproduzido a seguir:

*A força atrativa encontra-se em ambos os corpos... Embora as ações de cada planeta sobre outro se possam distinguir entre si e possam ser consideradas como as duas ações pelas quais um atrai o outro, porém, como se trata de ações entre os mesmos dois corpos, não são duas ações, mas uma operação simples entre dois termos... A causa da ação é dupla, nomeadamente a disposição de cada um dos dois corpos; a ação é de outro modo dupla, na medida em que se exerce entre dois corpos; mas, por ser entre dois corpos, ela é singular e unitária. Não há, por exemplo, uma operação pela qual o Sol atraia Júpiter e outra operação pela qual Júpiter atraia o Sol, mas uma operação pela qual Júpiter e o Sol se atraem mutuamente (NEWTON, citado por COHEN, 1988, p. 297).*

Newton considerou que, se a Terra e Sol interagem mutuamente, os demais planetas, juntamente com o Sol e a Terra, também devem interagir entre si, logo generalizou o problema de dois corpos para o problema de muitos corpos, que ele próprio reconheceu não haver solução exata (Cohen, 1988). Nesse sentido, conforme afirma Cohen, as leis de Kepler, que exerceram um papel fundamental na dinâmica planetária de Newton,

*não são estritamente verdadeiras no mundo físico, mas são verdadeiras apenas para uma construção matemática na qual as massas pontuais não interatuam entre si e orbitam ou um centro de forças matemático ou um corpo estacionário que as atrai (Cohen, 1988, p. 296).*

O debate historiográfico apresentando as visões de Cohen e Westfall sobre os passos de Newton em direção à Gravitação Universal pode ser benéfico nesse sentido por tornar explícito o fato de que Newton desenvolveu esse conhecimento através de um processo lento, trabalhoso e com a contribuição de outros estudiosos, portanto, longe de ter sido obtido por meio de *insights* como é divulgado, por exemplo, no inverossímil episódio da ‘queda da maçã’, encontrado em livros didáticos de física, tais como Máximo e Alvarenga (1997), Lucie (1975), Resnick et al. (1996) e Hewitt (2002).

O debate mostra como Newton desenvolveu seus conceitos de força, que inicialmente concebia a ideia de força inerente, ainda sob influência da visão medieval do ímpeto, ou seja, da necessidade da existência de uma força para a produção e manutenção do movimento e somente quinze ou vinte anos depois – a depender da interpretação do historiador – sob influência da interlocução com seus pares, aderiu ao conceito de inércia. O debate também ilustra os processos de transformação de pensamento pelos quais Newton passou até amadurecer sua visão de mundo e chegar a uma concepção acerca do movimento planetário que o permitiu elaborar a Lei da GU. Os conceitos inicialmente equivocados de força e os primeiros cálculos errados do ‘teste da Lua’ são exemplos desses processos de mudança. Ademais, as diferenças nas interpretações de Cohen e Westfall sobre a relação que Newton estabelecia entre o conceito de força e o mundo real, o primeiro defendendo uma postura instrumentalista e o segundo defendendo uma postura realista, podem contribuir para uma discussão epistemológica em sala de aula sobre realismo e instrumentalismo na ciência.

Assim, todos esses aspectos presentes nas reconstruções apresentadas nas seções anteriores podem contribuir para propiciar aos estudantes visões mais críticas e mais próximas de concepções pós-positivistas sobre determinados aspectos acerca da natureza da ciência, tais como: o conhecimento científico é coletivo, cultural, conjectural, provisório e dinâmico, é influenciado por aspectos subjetivos, não é rígido nem linearmente construído, dentre outros (GIL-PEREZ et al., 2001; LEDERMAN et al., 2001; OSBORNE et al., 2003). Em adição, aquelas reconstruções podem auxiliar também para a ruptura de visões mitificadas do trabalho do cientista, tais como a de que a ciência é produzida por ‘gênios iluminados pelo dom da sabedoria’, muito comuns na imagem geral que os estudantes têm do cientista (GIL-PEREZ et al., 2001).

Há trabalhos que mostram as dificuldades dos estudantes na compreensão da ação gravitacional (LEBOEUF; BORGES, 2002). Assim, a referida revisão pode contribuir para a identificação, por parte dos estudantes, dos conceitos anteriores de Newton – sobre

força inerente e sobre o equilíbrio entre força centrífuga e gravidade solar – com suas próprias concepções a esse respeito; isso pode ajudar na compreensão das transformações de pensamento em Newton e da necessidade dos conceitos de inércia e de força centrípeta para a GU newtoniana; logo, pode servir como estímulo para um melhor entendimento dos próprios conceitos referidos.

As animações e simulações são consideradas, por muitos, a solução dos vários problemas que os professores de Física enfrentam ao tentar explicar para seus alunos fenômenos demasiado abstratos para serem “visualizados” através de uma descrição em palavras, e demasiado complicados para serem representados através de uma única figura (MEDEIROS, 2002 apud HECKLER, 2007).

Ainda de acordo com o autor, as animações possibilitam observar em alguns minutos a evolução temporal de um fenômeno que levaria horas, dias ou anos em tempo real, além de permitir ao estudante repetir a observação sempre que o desejar.

## Capítulo 4

### INTERFACE HACKEDUCA CONECTA

#### 4.1 Arduino e *Scratch*

O uso da placa *Open Source Arduino* e da programação criativa *Scratch* tornam possível essa interação entre as duas plataformas, desenvolvendo uma cognição mais ativa, pelo fato de envolver códigos que exigem raciocínio lógico para completar desafios e para passar por etapas, chamando a atenção do aluno para outros ramos de tecnologia, proporcionando um aprendizado bastante significativo de matérias como matemática, lógica de algoritmo, explicação de fenômenos físicos e químicos em laboratórios ou não (SILVA, 2020).

E além do mais, a linguagem *Scratch*, que, além de aumentar a própria lógica do usuário, relacionada a desafios lógicos cognitivos da programação, pode também despertar, junto ao *Arduino*, a curiosidade de querer aprender mais, de se envolver naquilo que estuda e retirar dúvidas que antes existiam pela falta de abstração do conteúdo.

O uso do computador com o *Scratch* facilita o entendimento a respeito de programação, contribuindo para o *Arduino*, uma placa que vem sendo utilizada com sucesso. Ela é composta por um microcontrolador e uma série de portas analógicas e digitais que, em conjunto, fazem o controle de saída e entrada de dados através do microcontrolador.

Para conectar o Arduino no Scratch 2.0 foi sempre muito trabalhoso. Dependia da instalação de vários softwares e para aqueles que não tinham muito domínio com instalações mais estruturadas ficavam afastados da possibilidade de trabalhar com Scratch 2.0 e Arduino conectados.

Em 2013 foi descoberto o trabalho do Hackeduca que lançaram uma versão rudimentar da atual hackeduca conecta programada em Batch Script (compilada para exe), cujo objetivo era conectar o Scratch ao Arduino usando o protocolo Firmata.

Assim facilitaram a vida de muitos que para conseguir esta conexão tinham que instalar configurar o Python, Scratch 2.0 e digitar comandos bem complexos para conseguir abrir a interface para trabalhar com o Arduino e Scratch 2.0.

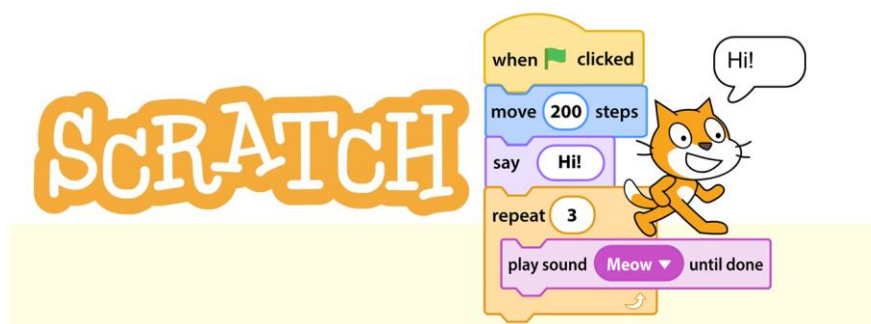
Esta Batch de 2013 permitia reduzir este conjunto de passos e instalações. A comunicação em si entre Arduino e Scratch foi criada por Alan Yorinks intermediando com o Python.

A vantagem da Interface Hackeduca Conecta é o elo de dois programas num só aplicativo, onde se pode programar em blocos através dos comandos do Arduino, sendo bem interativo e intuitivo, podendo-se trabalhar em todas as áreas do ensino da educação e em diversas áreas das ciências.

Já que a Interface trabalha diretamente com dois programas computacionais, é importante salientar a importância e descrição de cada programa presente a fim de esclarecer a função e finalidade fundamental de cada um deles.

O *Scratch* é uma linguagem de programação muito simples e intuitiva, recomendada para ser usada por principiantes, jovens ou adultos, que queiram iniciar-se no mundo da programação de computadores, ganhando gosto e asas para voos mais altos noutras linguagens mais poderosas e profissionais. A figura 4.1 mostra a interface da ferramenta com alguns blocos, que servem de blocos programadores.

Figura 4.1: Interface Scratch



Fonte: <https://www.technokids.com/blog/apps/5-new-features-in-scratch-3-0/>

Destaca-se que este software é um recurso didático para auxiliar o professor nas aulas de Física, tornando as aulas mais interessantes, dinâmicas fazendo com que os alunos interajam no desenvolvimento das aulas na busca da construção do conhecimento.

O *Scratch* já vem sendo utilizado em diferentes projetos e vem contribuindo positivamente no ensino, pois é uma ferramenta tecnológica que permite que o aluno expresse suas ideias, criatividade e modelos, utilizando os blocos de comandos que possibilitam criar as animações e conseqüentemente discutir sobre o fenômeno físico representado. Portanto, ao utilizarmos essa inovação digital disponível, teremos uma oportunidade para melhorar as aulas de física e criar ambientes na qual a construção e avaliação dos modelos dos alunos seja verdadeiramente incentivado.

O *Scratch* possibilita a aprendizagem baseada no conceito de design, abordagem que, segundo Brennan (2011), enfatiza a concepção (criar e não apenas utilizar ou

interagir), a personalização (criando algo que é pessoalmente significativo e relevante), a colaboração (trabalhando com outras pessoas nas criações) e a reflexão (revedo e repensando as práticas criativas de cada um). De acordo com a Partnership for the 21st Century (2003), o ambiente apoia o desenvolvimento de habilidades de aprendizagem do século XXI. O relatório identifica nove tipos de habilidades de aprendizagem, divididos em três áreas chaves, onde Natalie Rusk, Mitchel Resnick e John Maloney destacam as formas como Scratch suporta o desenvolvimento de tais habilidades:

- Habilidades de informação e comunicação: ao trabalhar em projetos Scratch, os alunos aprendem a selecionar, criar e gerenciar múltiplas formas de mídia, incluindo texto, imagens, animações e gravações de áudio. Como os estudantes ganham experiência com a criação de meios de comunicação, tornam-se mais perspicazes e críticos ao analisar os meios de comunicação que veem ao redor deles. Além disso, considerando que uma comunicação eficaz no mundo de hoje exige mais do que a capacidade de saber ler e escrever um texto, Scratch envolve os alunos na escolha, manipulação e integração de uma variedade de meios, permitindo que se expressem de maneira criativa e persuasiva.
- Habilidades de pensar e resolver problemas: à medida que aprendem a programar, os estudantes constroem o desenvolvimento de suas soluções, em contextos significativos. Criar um projeto Scratch requer pensar em uma ideia, em seguida, descobrir a forma de dividir o problema em etapas e implementá-las usando a programação em blocos. O ambiente ainda é projetado para que os alunos possam alterar dinamicamente partes do código e ver imediatamente os resultados; dessa forma, durante todo o processo de desenvolvimento de um projeto, os estudantes se engajam na experimentação e resolução de problemas de maneira interativa. Também, Scratch encoraja o pensamento criativo ao envolver os aprendizes na busca de soluções inovadoras para problemas, não apenas aprender a resolver um problema predefinido, mas estar preparado para chegar a novas soluções para os desafios que surgirem.
- Habilidades interpessoais e autodirecionáveis: como os programas *Scratch* são construídos de blocos gráficos, o código de programação é mais legível que em outras linguagens de programação. Os objetos visuais e código modular suportam a colaboração, habilitando os alunos a trabalharem em conjunto. Salienta-se também que ter uma ideia e descobrir como programá-la em Scratch requer persistência e prática. No entanto, quando os estudantes trabalham em projetos

que sejam pessoalmente significativos, as suas ideias fornecem motivação interna para a superação de desafios e frustrações encontradas no processo de concepção e resolução de problemas. Além disso, quando os alunos criam projetos Scratch, eles têm um público-alvo em mente e precisam pensar sobre como outras pessoas irão reagir e responder a eles. Considerando que projetos Scratch são fáceis de mudar e rever, os estudantes podem modificá-los com base no feedback dos outros. Por fim, como os programas são compartilháveis, estudantes podem utilizar *Scratch* para provocar importantes discussões com outros membros da comunidade.

O Arduino foi criado em 2005 por um grupo de 5 pesquisadores: Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis. O objetivo era elaborar um dispositivo que fosse ao mesmo tempo barato, funcional e fácil de programar, sendo dessa forma acessível a estudantes e projetistas amadores. Além disso, foi adotado o conceito de hardware livre, o que significa que qualquer um pode montar, modificar, melhorar e personalizar o Arduino, partindo do mesmo hardware básico, conforme mostra a figura 4.2 abaixo:

Fig. 4.2: Placa Arduino Uno



Fonte: <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>

Assim, foi criada uma placa composta por um microcontrolador Atmel, circuitos de entrada/saída e que pode ser facilmente conectada à um computador e programada via IDE (*Integrated Development Environment*, ou *Ambiente de Desenvolvimento Integrado*) utilizando uma linguagem baseada em C/C++, sem a necessidade de equipamentos extras além de um cabo USB.

O ambiente virtual do *Arduino*, chamado IDE, é um local apropriado para desenvolvimento da linguagem C++, contribuindo para compilar e executar códigos dentro do *Arduino*, sem a necessidade de vários programas para ele (SILVA et al, 2020).

Depois de programado, o microcontrolador pode ser usado de forma independente, ou seja, você pode colocá-lo para controlar um robô, uma lixeira, um ventilador, as luzes da sua casa, a temperatura do ar-condicionado, pode utilizá-lo como um aparelho de medição ou qualquer outro projeto que vier à cabeça.

A lista de possibilidades é praticamente infinita. Você pode automatizar sua casa, seu carro, seu escritório, criar um brinquedo, um novo equipamento ou melhorar um já existente. Tudo vai depender da sua criatividade.

Para isso, o *Arduino* possui uma quantidade enorme de sensores e componentes que você pode utilizar nos seus projetos. Grande parte do material utilizado está disponível em módulos, que são pequenas placas que contém os sensores e outros componentes auxiliares como resistores, capacitores e leds.

Nesse contexto, escolhemos a interface *Arduino* e *Scratch*, pois segue esses comandos em que os alunos ficam mais à vontade para estudar e colocar a mão na massa com mais autonomia, testando e aprofundando seu conhecimento com repetições e estímulos, estímulos estes que são as animações produzidas por eles mesmos. Sendo assim, a teoria de Jerome Bruner se aplica no trabalho, pois como já foi dito, durante todo o processo o aluno passa por um formato de espiral diante da aprendizagem, se envolvendo com o experimento e o conhecimento atrelado e de procedimentos, testes de hipóteses, até chegar ao resultado desejado, que é a sua recompensa, passando por diversos níveis.

## **4.2 A importância do pensamento computacional**

Para Wing (2006) o pensamento computacional é uma habilidade fundamental para todos, não apenas para Cientistas da Computação. Além de aprender a ler, escrever e calcular, deveríamos adicionar pensamento computacional na capacidade analítica de cada criança.

E quando se fala em computação enquanto saber necessário na educação básica deve-se levar em consideração que ela engloba princípios fundamentais, como a teoria da computação, e incorpora técnicas e métodos, como a abstração e raciocínio lógico, que

podem ser aplicados na solução de problemas e no avanço do conhecimento (DE FRANÇA, 2015).

O pensamento computacional pode ser definido como um processo de resolução de problemas que inclui, mas não se limita, às seguintes características (DE FRANÇA, 2015 apud ISTE; CSTA; NSF, 2011): i) formular problemas de modo que seja possível usar o computador e outras ferramentas para ajudar a resolvê-los; ii) organizar e analisar dados de forma lógica; iii) representar dados através de abstrações, tais como modelos e simulações; iv) automatizar soluções através do pensamento algorítmico; v) identificar, analisar e implementar as soluções possíveis com o objetivo de conseguir a combinação mais eficiente e eficaz de etapas e recursos; e vi) generalizar e transferir esse processo de resolução de problemas para uma grande variedade de problemas.

Para Brackmann (2017) os conhecimentos em Computação são tão importantes para a vida na sociedade contemporânea quanto os conhecimentos básicos de Matemática, Filosofia, Física, dentre outras, assim como contar, abstrair, pensar, relacionar ou medir. Desta forma, torna-se fundamental tanto no presente quanto no futuro que todos os indivíduos tenham conhecimentos básicos de Computação.

Ainda de acordo com o autor, o impacto da Computação nas outras áreas do conhecimento também é cada vez maior e mais profundo. Problemas complexos de diferentes áreas da ciência estão agora sendo abordados com uma perspectiva computacional, uma vez que a Computação provê estratégias e artefatos para lidar com a complexidade, avançando na solução de problemas que há poucos anos não seriam possíveis.

Pode-se afirmar que muitos jovens têm vasta experiência e bastante familiaridade na interação com novas tecnologias, mas têm pouca experiência para criar (coisas) com novas tecnologias e expressarem-se com as mesmas. É quase como se conseguissem ler, mas não conseguissem escrever com as novas tecnologias (RESNICK, 2012 apud BRACKMANN, 2017).

No que tange a tecnologia, como é o caso do computador, pode-se falar de modelagem computacional. Veit (2005) ressalta que a modelagem computacional aplicada a problemas de Física transfere para os computadores a tarefa de realizar os cálculos (numéricos e/ou algébricos) deixando o físico ou o estudante de Física com maior tempo para pensar nas hipóteses assumidas, na interpretação das soluções, no contexto de

validade dos modelos e nas possíveis generalizações/expansões do modelo que possam ser realizadas.

E que essa modelagem computacional se dá de duas maneiras: a exploratória e a expressiva. No caso da pesquisa presente, serão adotados os dois tipos. A modelagem computacional exploratória, é onde o aluno recebe um modelo computacional pronto, devendo explorá-lo através de cursores, ou inserindo valores iniciais para variáveis, alterando parâmetros e, até mesmo, modificando o modelo matemático ou icônico que dá origem ao modelo computacional. Já a modelagem expressiva, os alunos devem construir o modelo desde sua estrutura matemática ou icônica até a análise dos resultados gerados por ele (VEIT, 2005).

Assim, os softwares usados para esta pesquisa, Arduino e *Scratch*, são considerados como ferramentas para modelagens computacionais, já que incluem linguagem de programação que serão adotadas pelos alunos.

Seguindo a proposta do trabalho, é de suma importância o estudante saber manusear o computador, como sendo um conhecimento prévio para então saber criar, adaptar e interagir com a tecnologia. E sendo assim, já que o computador é um pensador computacional, pode-se aliar as ferramentas computacionais, que é o aplicativo Hackeduca Conecta ao computador para assim, poder adaptar e criar pensamentos computacionais, programar, simular etc.

De acordo com os dados da tabela, observa-se que os trabalhos de um modo geral apresentam elementos diferentes em alguns pontos, tais como metodologia utilizada, área de ensino, plano de aula, roteiro de aula, avaliações por aula, pré-teste, pós-teste, atividades computacionais e o produto gerado com a realização do trabalho.

## Capítulo 5

# PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 5.1 Caracterização da Pesquisa

A metodologia do presente trabalho fundamenta-se na abordagem quali-quantitativa, uma vez que procura enumerar e/ou medir e dar qualidade aos eventos estudados e que a partir de tais constatações, passou-se a adotar com maior frequência a pesquisa qualitativa em educação, uma vez que esta envolve a obtenção de dados descritivos e contato direto com o aluno levando em conta a observação como afirma (SCHNEIDER, 2017).

Segundo Godoy (1995) a pesquisa qualitativa procura envolver a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo. Os estudos denominados qualitativos têm como preocupação fundamental o estudo e a análise do mundo empírico em seu ambiente natural. Nessa abordagem valoriza-se o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo estudada.

Enquanto para Richardson (1999), a pesquisa quantitativa é caracterizada pelo emprego da quantificação, tanto nas modalidades de coleta de informações quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas.

Sendo assim, os procedimentos metodológicos utilizados para verificarmos a aprendizagem sobre a aceleração da gravidade e o uso da programação usando o aplicativo *Hackeduca* Conecta, foi propor uma sequência de atividades na perspectiva da abordagem quali-quantitativa descritiva, usando a observação como método para a pesquisa qualitativa, ressaltando que a observação sistemática, a descrição, interpretação e o significado estão contidos na pesquisa qualitativa.

### 5.2 Local e Público-Alvo

O local da pesquisa será informado assim que se estiver clareza e carta de aceito do gestor da escola participante. O público-alvo serão discentes da 1ª série do Ensino Médio da rede pública.

### 5.3 Delineamento das Atividades

Vale ressaltar que o delineamento das atividades a seguir não foram aplicadas em sala de aula e conseqüentemente nem o produto educacional, em decorrência da pandemia da COVID-19, visto que as escolas permaneceram todas fechadas durante o período em que eram para ser implementadas as atividades e, sendo assim, não foi possível realizar e aplicar essas atividades junto do produto em sala de aula. Em contrapartida, elas servem de apoio e base como proposta para futuros trabalhos, servindo de base também para o produto educacional que está nos apêndices.

A avaliação do produto educacional junto do trabalho presente teve como método de avaliação, o método por pares dadas por pareceres. Foram 04 avaliadores no total que deram parecer sobre este trabalho, sendo um professor egresso do MNPEF efetivo do Instituto Federal do Amazonas – IFAM, e três professores também egressos do programa MNPEF e os demais efetivos Secretaria de Estado de Educação e Qualidade de Ensino do Amazonas - **SEDUC** - Amazonas.

A avaliação por pares foi realizada através de um parecer técnico-pedagógico no formato de um texto redação, onde os avaliadores fizeram suas críticas construtivas, dando suas contribuições e destacando os pontos principais do trabalho que se submeteram a avaliar. Também a avaliação teve suas justificativas de cada avaliador de modo que eles pudessem avaliar como aprovado ou não aprovado, visto que os 04 avaliadores deram como positivo e aprovado o trabalho corroborando com o autor e elogiando o trabalho como um potencial significativo para se ensinar física com recursos computacionais.

As atividades serão desenvolvidas com o uso do aplicativo Hackeduca Conecta (*Scratch* para Arduino) para ensinar queda livre, assunto que faz parte da cinemática, que serão abordadas em 06 (seis) aulas, planejadas e desenvolvidas neste estudo. Serão implementadas no âmbito da disciplina de Física, com duas turmas de 1º ano, uma vez que o assunto está inserido na grade curricular da 1 série do Ensino Médio, onde na oportunidade o professor titular de Física da respectiva turma acompanhará os tempos de aulas dentro do estágio de acompanhamento para a realização da pesquisa.

Na primeira aula, será apresentado o trabalho com suas respectivas diretrizes e momentos de estudo e como ele será desdobrado. Ainda na primeira aula, será feito um levantamento discutindo o uso do computador, e um diagnóstico sobre queda livre (lançamento vertical), ainda sobre as fórmulas que aprenderam sobre os movimentos

uniforme, uniformemente variado, perguntas básicas sobre a queda de um corpo (queda livre propriamente dito), sobre o vácuo etc., para serem pensadas (problema envolvendo a queda livre) e refletidas para dar continuidade para a próxima aula, onde será introduzido o conteúdo propriamente dito.

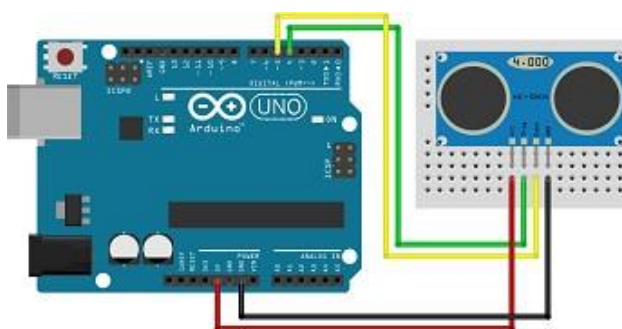
Na segunda aula, será discutido o diagnóstico dos alunos e a partir dele, será introduzido o conteúdo de maneira exploratória seguindo a Teoria de Aprendizagem por descoberta de Jerome Bruner, comentada já na fundamentação teórica desse trabalho. A aula será feita pelas ideias antigas de como era calculado o tempo de queda de um objeto, seguindo das ideias dos cientistas Aristóteles e Galileu. Assim sendo, será discutido os cálculos apresentados pelo conteúdo de queda livre, onde no livro, será apresentado pelo lançamento vertical. Vale ressaltar que ainda nessa aula, será entregue um manual aos alunos para que possa auxiliar na solução desses problemas, onde constarão as equações que regem o assunto.

Na terceira aula, logo após os discentes já terem em mente a noção dos cálculos do lançamento vertical que é a queda livre, será apresentado o aplicativo Hackeduca Conecta (*Scratch* para Arduino), onde será discutido, o que é, como funciona, e o que os discentes desenvolverão nesse processo de aprendizagem, além de apresentar exemplos para que sanem suas dúvidas. Ainda nesta aula, será introduzido alguns comandos básicos do Arduino que já estarão disponíveis no próprio Arduino, e após esta introdução, será também abordado o *Scratch* para introduzir alguns comandos básicos de blocos e alguns que os próprios discentes terão que criar/construir. E por fim, será lembrado que o *Hackeduca* é a junção desses dois *softwares* e que o comando de um influenciará em outro concomitantemente como será mostrado nesta aula como um mini oficina. Vale lembrar, que assim que for passada as atividades aos discentes, irá ser ressaltado que terão a própria criatividade para resolver os problemas enviados a eles. Além disso, os estudantes receberão um manual sobre o Hackeduca para que auxilie no processo de criação das programações em blocos e na solução dos problemas.

Na quarta aula, será abordado com as turmas, a noção de programação em blocos a partir do Arduino e *Scratch* e assim será apresentado uma simulação resolvendo um exemplo (verificando o valor da gravidade na queda livre de um objeto) acerca do conteúdo para mostrar a diversidade de comandos e livre arbítrio para que eles poderão ter acesso quando forem realizar as respectivas atividades. Ainda nesta aula, será abordado por exemplo, a ligação dos fios e componentes com a placa do Arduino para que não haja nenhum erro na hora da programação em blocos, uma vez que alguma

conexão esteja errada. A figura 5.1 mostra a ligação do sensor ultrassônico com a placa do Arduino. Esse sensor tem a finalidade de detectar a distância que será um parâmetro utilizado para a resolução do problema. O objetivo desta aula é dar a noção de como programar as equações que regem a queda livre para que os próprios estudantes possam resolvê-las, tendo a percepção das animações e assim facilitar a resolução do problema.

Figura 5.1 – Esquema de ligação do sensor ultrassônico

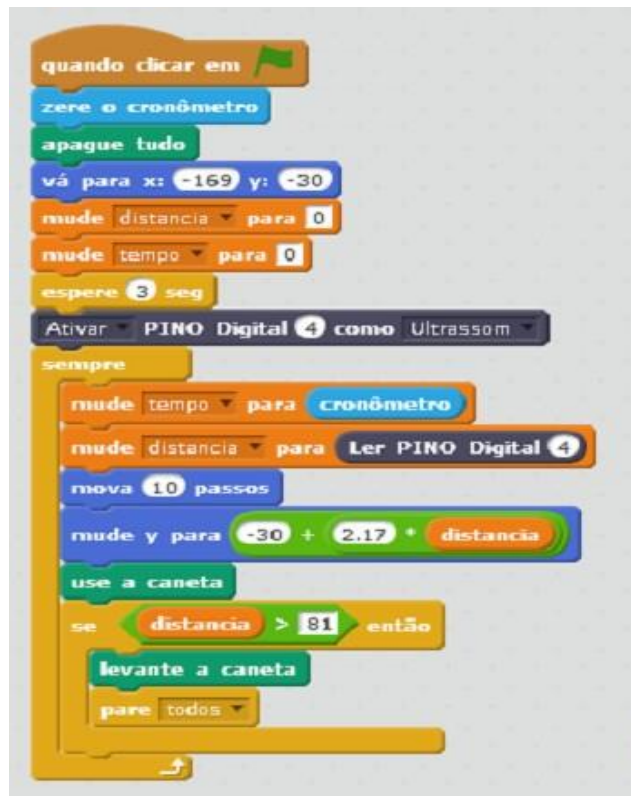


Fonte: Fonte: Próprio autor

A figura 5.1 mostra a placa Arduino Uno e o sensor ultrassônico ligados por fios (jumps). Como o sensor é um componente digital, as duas entradas do mesmo estão ligadas nas portas digitais 4 e 5. Alimentando o circuito com 5 V (volts) através do fio vermelho (positivo) e aterrando o circuito com o fio preto no GND da placa. Essas informações estarão contidas na mini oficina apresentada às turmas.

Após a montagem do circuito, conectaremos a placa ao notebook/computadores disponíveis da sala de informática da escola onde será aplicada a pesquisa, através do Hackeduca e assim produziremos o seguinte código (script) no Scratch. O Hackeduca é um software que programa em conjunto o Arduino com o Scratch, e é o segundo passo a se fazer. A figura 5.2 mostra o código criado a seguir. Vale lembrar que todos esses scripts estarão disponíveis na abordagem da mini oficina, que serão as aulas abordadas em Power Point e nas aulas expositivas.

Figura 5.2: Código no *Scratch*



Fonte: Próprio autor

Com relação à variável tempo, teve-se que calibrá-lo com a escala que utilizamos o seguinte código mostrado na figura 5.3, para saber qual o espaço percorrido em 1s. Sendo assim, a partir desta informação podemos obter o valor do tempo a partir do gráfico gerado pela calibração. Como terceiro passo, com esta linha gerada pelo gráfico, ajustamos a grade ao valor estabelecido pelo plano de fundo já do *Scratch*, conforme mostra a figura 5.3 abaixo.

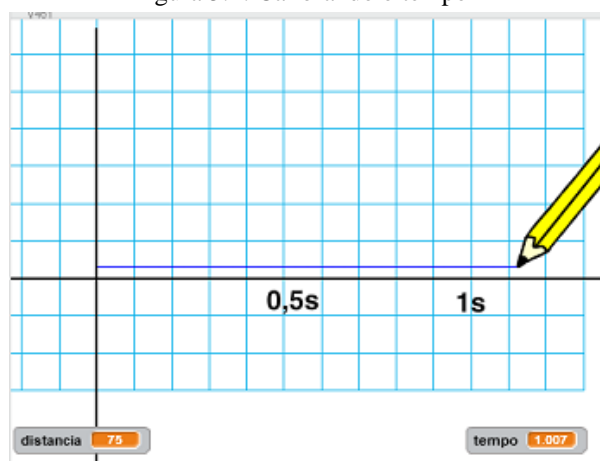
Figura 5.3: Código de calibração



Fonte: Próprio autor

E agora, após ter os scripts da programação desenvolvida e calibrado o tempo, o quarto passo será compilarmos a programação e geramos um gráfico de acordo com o tempo calibrado e com o fundo de tela, sendo esse fundo milimetrado, feito para facilitar a medida de tempo em segundos, como mostra na figura 5.4 a seguir. Nela, temos a calibração do tempo diretamente no gráfico.

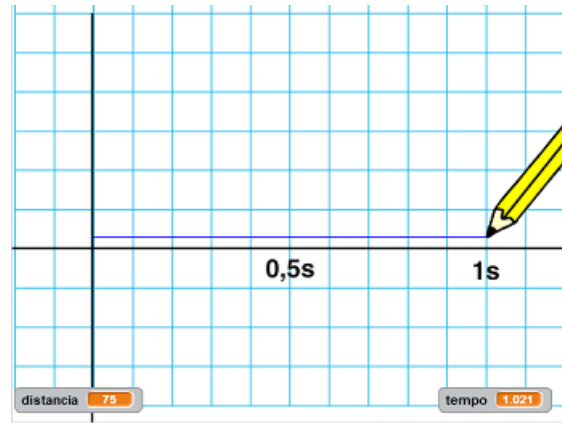
Figura 5.4: Calibrando o tempo



Fonte: Próprio autor

Após a calibragem obteremos o seguinte gráfico conforme mostrada na figura 5.5, tendo como o quinto passo:

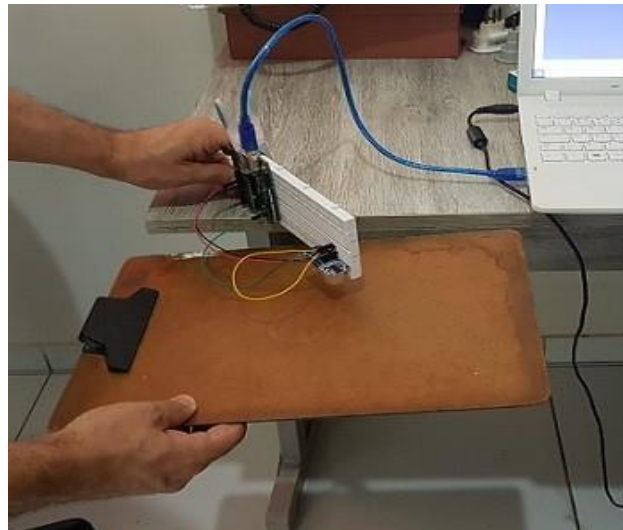
Figura. 5.5: Gráfico Calibrado



Fonte: Próprio autor

E por fim, para obter o gráfico, utilizamos, como mostra a figura 5.6 a seguir, o seguinte arranjo experimental: a placa Arduino acoplada no protoboard já com o circuito, conectados no Hackeduca e a prancheta que servirá como o objeto em queda livre. A prancheta apesar de grande, foi utilizada no experimento devido o sensor conseguir captar as dimensões dela, enquanto não funcionou com a bola de papel, já que o sensor não conseguiu captar suas dimensões. Aqui nesta aula, vale ressaltar que os alunos vão ter que usufruir de sua criatividade, como uma esfera de aço etc., e das aulas iniciais do *Hackeduca Conecta*.

Figura 5.6: Arranjo experimental



Fonte: Próprio autor

Será apontado o sensor ultrassônico para o piso e obteremos a altura, adicionamos este valor ao código no *Scratch*. Por fim, será apertado o botão iniciar, o programa aguarda 3s para iniciar e assim então soltamos o objeto, que no caso é uma prancheta. O tempo vai ser obtido através da interpretação gráfica.

Será obtido um valor para altura de  $0,82\text{ m}$  e um tempo de queda  $0,4\text{ s}$ , sendo que este valor para o tempo é obtido a partir de uma interpretação do gráfico gerado pelo *Hackeduca* (Interface Arduino-*Scratch*). Esta coleta de dado pode apresentar diferenças, isto vai depender da resolução e da calibração do gráfico gerado no *Scratch*. Ao lançarmos estes dados na equação 5.1, mostrada a seguir:

$$\Delta y = \frac{gt^2}{2} \quad (5.1)$$

Obteremos como resultado para a gravidade  $g = 9,875\text{ m/s}^2$ , que é um valor bastante próximo comparado aos livros textos. Ainda nesta aula, será discutido a variação do valor da gravidade e o porquê isso acontece. Exemplos serão descritos nos problemas para que os grupos possam discutir entre si para responder à questão.

Ao utilizarmos alturas diferentes obtemos valores diferentes, que depende muito da leitura feita a partir do gráfico. Por exemplo, ao adotarmos a altura de  $0,74\text{m}$  o tempo de queda obtido foi de  $0,39\text{s}$  chegamos então ao valor de  $g = 9,730\text{ m/s}^2$ , que é um resultado satisfatório dentro da tolerância do valor da gravidade. Vale ressaltar, que os erros relativos referentes ao  $g$  obtido foram feitos na própria Interface Arduino e *Scratch*, onde o resultado foi arrendado em um dos comandos da programação junto com a calibração do tempo.

Na quinta aula, serão apresentados às turmas os problemas para serem explorados e resolvidos em grupos de 05 (cinco) pessoas, onde a atividade constará de 06 questões de múltipla escolha, e cada grupo será responsável por resolver uma questão. As questões terão como respostas cálculos, já que a finalidade é programar as fórmulas em blocos para que o computador possa realizar o cálculo com as devidas informações corretas.

E na sexta e última aula, serão discutidas as respectivas questões por cada grupo responsável e será feito um debate em que cada grupo possa compartilhar do processo de aprendizagem da pesquisa, desde o processo de programação até à resolução dos problemas em conjunto com sua equipe. E ainda sim, será compartilhada o grau de satisfação pelo trabalho.

## 5.4 Avaliação dos Pares

Este tópico foi criado com a intenção de refletir os comentários e críticas feitas pelos pares, método de avaliação do trabalho, já que não houve aplicação da pesquisa em decorrência da pandemia do COVID – 19.

A avaliação por pares ocorreu através de um parecer técnico-pedagógico feita pelos avaliadores em formato de texto-redação, onde foram pautadas a coerência do trabalho, os objetivos, o problema da pesquisa, a escrita do trabalho, o produto educacional e sua importância para o Ensino da Física. A avaliação por pares se encontra nos **anexos**.

Esses tópicos deixaram claro para os autores, que o trabalho segue um cronograma, uma coerência, uma escrita formal de seguindo as normas da ABNT, baseando-se em trabalhos anteriores e na literatura científica, fundamentando-se em uma pedagogia construtivista consolidada, que rege o processo ensino-aprendizagem.

E de acordo com os pares, o trabalho junto do produto educacional tem um forte potencial no que diz respeito à ciência de cunho experimental, computacional, às metodologias ativas e sempre pensando nos estudantes, para que se tornem investigadores com pensamento crítico reflexivo de modo que possam entender o motivo pelo qual estudaram e adquiriram o conhecimento físico.

Desse modo, as críticas e contribuições dos pares fizeram o autor deste trabalho refletir nas suas ações docentes sempre incentivando a pesquisa, estimulando, produzindo, criando metodologias inovadoras e tornando as aulas de física mais dinâmicas e proveitosas a fim de tornar o processo ensino-aprendizagem mais eficiente e significativo.

Além do mais, foi realizado um questionário sobre a aplicabilidade e eficácia do produto educacional, que consta nos **apêndices**. O questionário foi realizado no google formulários e compartilhado com os avaliadores que fizeram a avaliação por pares. O questionário visou coletar dados sobre a aplicabilidade e eficácia do produto educacional. A seguir foi feita uma tabulação das respostas do questionário enviado aos avaliadores e será mostrado através do gráfico apresentado na figura 5.7:

Figura 5.7: Aplicabilidade e eficácia do produto educacional



Fonte: Próprio autor

De acordo com o gráfico, é possível observar e perceber que diante das 12 perguntas, os avaliadores optaram pelas mesmas alternativas, o que mostra que eles estão de acordo com o que o trabalho proporciona junto do produto educacional. As perguntas tinham como base a ausência da aplicação do produto e sua eficácia sobre a qualidade do trabalho.

Os avaliadores além de produzirem um texto dissertativo por pares, ainda puderam analisar cada parte do trabalho e do produto através do questionário. Todos os quatro avaliadores concordaram em afirmar em uma das perguntas que em relação à relevância do Produto Educacional. Este demonstra possibilidades efetivas de contribuição para o exercício profissional, para os processos de ensino e de aprendizagem, para a melhoria da educação básica e para o desenvolvimento de propostas inovadoras de ensino.

Em uma outra pergunta, os avaliadores marcaram como “sim” a alternativa que diz em respeito a dimensão, nível de ensino, área, metodologia, recursos. Vale ressaltar que o Produto Educacional, explicita o nível de ensino ao qual se propõe, a área, a metodologia de ensino e/ou os recursos tecnológicos utilizados.

Fica claro para os avaliadores que marcaram como “sim” ao afirmar que o produto cita as formas, o modo e as possibilidades de sua aplicação nos ambientes de ensino. Todos concordaram como sim em relação a esta pergunta.

Em outra questão, onde se diz: “Considera-se que o Produto Educacional é inovador, se foi criado a partir de algo novo ou da reflexão e modificação de algo já existente, revisitado de forma inovadora e original. A inovação não deriva apenas do Produto em si, mas da sua metodologia de desenvolvimento, do emprego de técnicas e recursos para torná-lo mais acessível, do contexto social em que foi utilizado ou de outros fatores. Entende-se que a inovação (tecnológica, educacional e/ou social) no ensino, está atrelada a uma mudança de mentalidade e/ou do modo de fazer dos educadores”. Todos os avaliadores responderam que o Produto Educacional é de alto teor inovador (desenvolvimento com base em conhecimento inédito).

Assim sendo, os dados acerca do gráfico mostram que os avaliadores acertaram as mesmas perguntas consideradas como certas. Logo, o parecer de cada um torna claro e objetivo que mesmo o trabalho não sendo aplicado por motivo da pandemia COVID - 19, tem efetiva contribuição no exercício profissional para a educação básica e para o desenvolvimento de novas propostas de ensino.

## **5.5 Resultados Esperados**

Espera-se que quando o trabalho for implementado em sala de aula, de fato o aluno se torne e se sinta um autônomo, construindo seu próprio conhecimento e mediador no processo de ensino-aprendizagem, onde o conhecimento construído por ele mesmo, se torne parte da sua realidade fazendo com que faça sentido e a teoria se alie à prática. Assim como Bruner afirma que o aluno tem quer ser o protagonista do seu conhecimento, o professor também deverá incentivar com suas habilidades e didática nesse processo.

Com esses estímulos e incentivos, é possível o estudante mudar sua postura e sua nova forma de pensar, além de se tornar um crítico reflexivo, capaz de analisar e generalizar hipóteses, desenvolvendo suas habilidades e seus potenciais acerca das tecnologias que o professor apresentará em sala de aula.

Assim, espera-se que tanto as motivações quanto as ferramentas apresentadas no trabalho junto ao professor sejam fundamentais na aprendizagem dos estudantes, fazendo com que eles se sintam mais construtivistas do que meros receptores de conhecimento.

## Capítulo 6

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estima-se que o processo de ensino-aprendizagem seja eficaz e tenha um potencial significativo para a pesquisa e para a sala de aula, uma vez que a metodologia é inovadora, com foco tecnológico e isso aproxima mais os alunos, exigindo interação, dinâmica, autonomia e diversão na maioria das vezes sem fugir do foco que é a construção do conhecimento.

A pesquisa aproxima os alunos para a prática, deixando de lado aquela metodologia clássica, onde o discente só fica passivo do conhecimento que o professor divulga na sala de aula. Agora é a vez, é a vez dos discentes de pôr a “mão na massa”, criando animações, programando e o mais importante é absorver esse conhecimento que muitas das vezes se torna maçante para os estudantes e acaba sendo só mais um conteúdo sem importância nenhuma. A pesquisa ainda não tem resultados concretos devido à pandemia que dificultou a realização deste trabalho e impossibilitou a sua aplicação.

Sendo assim, espera-se atingir uma eficiência no processo de ensino-aprendizagem desses estudantes e que as aulas sejam muito proveitosas, uma vez que se usou a tecnologia a favor da educação e para os estudantes, a ferramenta como uma melhor interação com o conhecimento científico, aproximando-os de um mini cientista, onde verificam e exploram conhecimento até chegar num resultado, seja ele certo ou errado. O importante é aproximá-los da ciência e relacioná-la com o cotidiano deles. Ao analisarmos os dados obtidos, podemos notar que o erro de medida decorre principalmente da interpretação do gráfico obtido. A atividade busca trabalhar a coleta de dados pelos alunos e a interpretação feita por eles.

A atividade a ser desenvolvida buscará primeiramente trabalhar a interpretação de dados, e mostrar para os alunos como representar graficamente os dados obtidos pelo sensor, seja qual for o componente utilizado, usando a programação em blocos com o Arduino. Assim o aluno pode exercitar a leitura do gráfico e extrair informações para realizar os cálculos necessários para o problema proposto, que é o cálculo da aceleração da gravidade no caso.

Será aplicada assim a ideia proposta pela teoria da aprendizagem por descoberta de Bruner. O primeiro passo com a prática, seguida da representação icônica e finalmente a representação simbólica através do tratamento de dados. Quanto ao segundo passo, notamos que obter resultados satisfatórios será necessário a repetição da atividade, levando o estudante ao condicionamento.

Portanto, acredita-se que ao utilizar o Arduino no estudo da cinemática junto ao *Scratch*, o aluno tem uma compreensão melhor dos conceitos e suas interpretações icônicas e simbólicas, tornando o assunto mais atrativo e de fácil assimilação e além do mais, deixando o aluno aprofundar seu conhecimento, criando animações e aprofundando o entendimento no funcionamento da interface *Hackeduca Conecta* (Arduino e *Scratch*). Dessa forma, destacamos que é necessário fazer um uso maior das tecnologias disponíveis para viabilizar o ensino de Física e esperamos que essa abordagem através desses recursos de ensino gratuitos e de fácil acesso possam contribuir no processo de aprendizagem.

Considerando que a aplicação desta pesquisa não foi realizada pelo motivo da pandemia da COVID-19, declara-se eficaz, tendo os objetivos bem definidos de modo a sustentar a proposta do trabalho, utilizando um modo dinâmico e diferenciado e auxiliado por contundentes recursos tecnológicos, e ainda assim, é importante destacar que o tema é de muita relevância e pertinência para o ensino de Física, a fim de que o professor faça bom uso em sua sala de aula ao reproduzir esse trabalho.

A revisão da literatura mostra um ponto de vista tanto teórico quando epistemológico corroborando com o teórico Bruner, que visa ter um aluno ativo a ponto de construir seu próprio conhecimento, junto do produto educacional, servindo como material de apoio embasado e dinâmico, podendo assim ser implementado por docentes nos ambientes de ensino para auxiliar na aprendizagem dos discentes, com aspectos tecnológicos e inovadores.

Desse modo, o trabalho considera-se apto para julgamento da banca da comissão de Pós-Graduação, considerando que os diversos autores emitiram um parecer acerca do trabalho sustentando o trabalho de modo eficiente e de ótima proposta para o Ensino da Física, relatando sua visão crítica, o que tornou o trabalho consolidado a partir de um aprendizado potencializado, fazendo de nossos alunos seres investigadores com pensamentos críticos.

Os documentos em formas de pareceres estão em anexo demonstrando com maior clareza a contribuição deste trabalho e suas críticas construtivas, destacando os pontos principais da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

[Silva 2010] J. Silva e J. Souza, O ensino de Física em Botucatu, *Revista Botucatuense de Ensino de Física*, v. 97, n. 4, p. 1103-1125, 2010.

\_\_\_\_\_. O que é Arduino? Disponível em: < <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em 10/06/2019

ALVES, Rafael Machado et al. Uso do hardware livre Arduino em ambientes de ensino-aprendizagem. **Jornada de Atualização em Informática na Educação**, v. 1, n. 1, p. 162-187, 2013.

BORGES, Juliana Rosa Alves et al. O ENSINO E APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA NA PERSPECTIVA DE JEROME BRUNER. **Cadernos da FUCAMP**, v. 19, n. 40, 2020.

BRACKMANN, Christian Puhlmann. Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional da Educação. Câmara Nacional de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília, DF: MEC, 1997.

BRASIL. PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002. 140p.

BRUNER, J. **Uma nova teoria de aprendizagem**. Rio de Janeiro, RJ: Block, 1976.

CASSEMIRO, Anderson Aparecido. Queda dos corpos e equações diferenciais num primeiro curso de cálculo. 2011.

COHEN, I. B. A sense of history in science. *Science & Education*, v. 2, n. 3, p. 251-277, 1993.

COHEN, I. B. O nascimento de uma nova física. Lisboa: Gradiva, 1988.

DE FRANÇA, Rozelma Soares; DO AMARAL, Haroldo José Costa. Proposta metodológica de ensino e avaliação para o desenvolvimento do pensamento computacional com o uso do scratch. In: **Anais do Workshop de Informática na Escola**. 2013. p. 179.

DE FRANÇA, Rozelma; TEDESCO, Patrícia. Explorando o pensamento computacional no ensino médio: do design à avaliação de jogos digitais. In: **Anais do XXIII Workshop sobre Educação em Computação**. SBC, 2015. p. 61-70.

DIAS, Penha Maria Cardoso; SANTOS, Wilma Machado Soares; SOUZA, Mariana Thomé Marques de. A gravitação universal: um texto para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 3, p. 257-271, 2004.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. *Lições de Física, Vol 1*. 1. ed. FILHO, A. R. *Avaliação do módulo da aceleração da gravidade com Arduino*. 3. ed. Salvador: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 2016. Citado na página 1.

FREIRE, Ricardo Dourado; SILVA, Verônica Gomes Archanjo de Oliveira. A influência de Jerome Bruner na teoria da aprendizagem musical de Edwin Gordon. In: **Anais do XV Congresso da ANPPOM**. 2005. p. 125-132.

GODOY, Arilda Schmidt. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de empresas**, p. 20-29, 1995.

GONÇALVES, Leila de Jesus. Uso de animações visando a aprendizagem significativa de física térmica no ensino médio. 2005.

HECKLER, Valmir; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira; OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. 2007.

JUNIOR, J. T. G.; RAMOS, G. S.; SILVA, S. L. da; GAMA, A. C.; JUNIOR, O. F.; KANTOR, C. A. A ciência do céu: uma proposta para o ensino médio. 2001. 116p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MORETTI, R. L. Construção e aplicação de um material didático para inserção da Astronomia no Ensino Médio: uma proposta baseada nos referenciais curriculares do Rio Grande do Sul. 2012. 142p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

NASCIMENTO, B. G. Análise da Astronomia Kepleriana no Ensino Médio: A História da Ciência a Favor da Aprendizagem. 2007. 122p. Dissertação (Mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2007.

NEWTON, I. Princípios matemáticos de filosofia natural. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física básica, 1: Mecânica. 5. ed. rev. amp. São Paulo: Edgard Blücher, 2013. 394p.

PAIVA, HUMBERTO; DE ARAÚJO, MAURO SÉRGIO TEIXEIRA. Utilização da experimentação para a determinação da aceleração da gravidade utilizando a máquina de Atwood. **Revista de Produção Discente em Educação Matemática**. ISSN 2238-8044, v. 3, n. 1, 2014.

PERUZZO, Jucimar. Determinação de  $g$  através da captação do som de impacto com o solo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 159-168, 2010.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; KRANE, K. **Física 2**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.  
RICHARDSON, R. J. Pesquisa social: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 1999.

RODRIGUEZ, Carla et al. Pensamento Computacional: transformando ideias em jogos digitais usando o Scratch. In: **Anais do Workshop de Informática na Escola**. 2015. p. 62.

SCHNEIDER, Eduarda Maria; FUJII, Rosangela Araujo Xavier; CORAZZA, Maria Júlia. Pesquisas quali-quantitativas: contribuições para a pesquisa em ensino de ciências. **Revista Pesquisa Qualitativa**, v. 5, n. 9, p. 569-584, 2017.

SILVA, Augusto Herbert Azevedo et al. Usando a robótica educacional com Scratch e Arduino para melhor compreensão de Ciências Exatas. **Scientia Prima**, v. 6, n. 1, p. 147-159, 2020.

TAYLOR, John R. **Mecânica clássica**. Bookman Editora, 2013.

TEIXEIRA, Elder Sales; DE QUADRO PEDUZZI, Luiz Orlando; JUNIOR, Olival Freire. Os caminhos de Newton para a gravitação universal: uma revisão do debate historiográfico entre Cohen e Westfall. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 2, p. 215-254, 2010.

WING, J. M. Computational thinking. *Communications of the ACM*, v. 49, n. 3, p. 33, 2006.

# APÊNDICES

## APÊNDICE A – TESTE DIAGNÓSTICO

Nome: \_\_\_\_\_

Série/turma: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

### Diagnóstico – Queda livre

- 1) O que você entende por queda livre? Explique, se quiser, através de exemplos, cálculos ou definições.

R= \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

- 2) O que é o vácuo?

R= \_\_\_\_\_.

- 3) Se uma pena e um martelo forem soltos de uma certa altura, quem chegará primeiro ao solo? Por que? E se forem soltos no vácuo?

R= \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

- 4) Responda com base no exercício anterior. Haverá aceleração quando os corpos estiverem caindo? Como se explica?

R= \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

- 5) Quanto vale a aceleração aqui na Terra?

R= \_\_\_\_\_.

- 6) Um corpo é solto de uma altura de 60 m, com velocidade inicial de 30 m/s, levando cerca de 10 s para chegar ao solo, calcule a aceleração desse corpo.

- 7) O que significa dizer quando um corpo cai com uma aceleração de  $9,8 \text{ m/s}^2$ ?

R= \_\_\_\_\_.

## APENDICE B – TESTE AVALIATIVO

Nome: \_\_\_\_\_

Série/turma: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

### Avaliação – Queda livre

- 1) Um celular é solto do último andar de um prédio e leva 8 s para chegar ao solo. Considerando que tem uma gravidade de  $9,8 \text{ m/s}^2$ , calcule a altura desse prédio.

R=

- 2) Um objeto é despencado de uma altura de 40 m, calcule a velocidade com que esse objeto chegará ao solo.

R=

- 3) (UERJ) Foi veiculada na televisão uma propaganda de uma marca de biscoitos com a seguinte cena: um jovem casal está num mirante sobre um rio e alguém deixa cair lá de cima um biscoito. Passados alguns segundos, o rapaz se atira do mesmo lugar de onde caiu o biscoito e consegue agarrá-lo no ar. Em ambos os casos, a queda é livre, as velocidades iniciais são nulas, a altura da queda é a mesma e a resistência do ar é nula. Para Galileu Galilei, a situação física desse comercial seria interpretada como:

- a) impossível, porque a altura da queda não era grande o suficiente.
- b) possível, porque o corpo mais pesado cai com maior velocidade.
- c) possível, porque o tempo de queda de cada corpo depende de sua forma.
- d) impossível, porque a aceleração da gravidade não depende da massa dos corpos.

- 4) Sabendo que a aceleração da gravidade na Terra é igual a  $9,8 \text{ m/s}^2$  e que na Lua o valor dessa aceleração é de aproximadamente  $1,6 \text{ m/s}^2$ , determine qual seria o peso de uma pessoa de massa igual a 80 kg tanto na Terra quanto na Lua.

R=

- 5) Utilizando a lei da gravitação de Newton, mostre que a gravidade na Terra é  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

R=

## APENDICE C – QUESTIONÁRIO DIDÁTICO - METODOLÓGICO

Série/turma: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

- 1) De acordo com suas palavras, explique a importância da queda livre na Física levando em consideração seu cotidiano.
  
- 2) Diga se aprendeu sobre gravidade e qual é a importância dela para o estudo de Física.
  
- 3) As atividades desenvolvidas com o uso do Arduino e *Scratch* contribuíram na aprendizagem do conhecimento de queda livre?
  
- 4) As atividades como um todo facilitaram a você entender melhor o conhecimento divulgado durante a pesquisa?
  
- 5) De acordo com as opções abaixo, marque o grau de satisfação da pesquisa em relação ao que aprendeu.
  - Regular ( )
  - Bom ( )
  - Ótimo ( )
  - Excelente ( )

## **APENDICE D – QUESTIONÁRIO SOBRE A APLICABILIDADE E EFICÁCIA DO PRODUTO EDUCACIONAL**

### **1. E-mail do avaliador:**

---

### **2. Tipo de Produto Educacional:**

- Jogo didático digital
- Sequência didática
- Experimento didático atrelado ao uso da tecnologia
- Simulador
- Outros

### **3. Características Gerais do Produto Educacional (Público destinado) – (Pode marcar mais de uma opção):**

- Estudantes da EJA
- Estudantes do Ensino Superior
- Estudantes do Ensino Fundamental
- Estudantes do Ensino Médi
- Outros

### **4. O Produto Educacional possui URL:**

- Sim
- Não
- Não se aplica

### **5. O Produto Educacional foi aplicado:**

- Sim
- Não

### **6. Compreende-se como uma propriedade do Produto Educacional relacionada às etapas de elaboração, desenvolvimento e/ou validação do PE. (Pode marcar mais de uma opção)**

- A metodologia apresenta clara e objetivamente, no texto da dissertação, a forma de elaboração, aplicação e análise do Produto Educacional.
- O Produto Educacional foi concebido a partir de experiências, observações e/ou práticas do discente, de modo atrelado à questão de pesquisa da dissertação.

Consta no texto da dissertação, uma reflexão sobre o Produto Educacional com base nos referenciais teóricos e metodológicos empregados na respectiva dissertação.

Há, no texto da dissertação, apontamentos sobre os limites de utilização do PE

**7. Recursos Educacionais e Tecnologias no Ensino de Física (trata da análise e do desenvolvimento de recursos educacionais para os processos de ensino e de aprendizagem da Física, atrelados aos aportes tecnológicos existentes).**

Com clara aderência à linha de pesquisa 1 do MNPEF.

Com clara aderência à linha de pesquisa 2 do MNPEF.

Com clara aderência à linha de pesquisa 3 do MNPEF.

**8. Considera-se que o Produto Educacional é inovador, se foi criado a partir de algo novo ou da reflexão e modificação de algo já existente, revisitado de forma inovadora e original. A inovação não deriva apenas do Produto em si, mas da sua metodologia de desenvolvimento, do emprego de técnicas e recursos para torná-lo mais acessível, do contexto social em que foi utilizado ou de outros fatores. Entende-se que a inovação (tecnológica, educacional e/ou social) no ensino, está atrelada a uma mudança de mentalidade e/ou do modo de fazer dos educadores.**

Produto Educacional de alto teor inovador (desenvolvimento com base em conhecimento inédito).

Produto Educacional com médio teor inovador (combinação e/ou compilação de conhecimentos preestabelecidos).

Produto Educacional com baixo teor inovador (adaptação de conhecimentos existentes).

**9. Há evidências de que a utilização do produto auxilia os aprendizes a desenvolver sua lógica, a raciocinar de forma clara, objetiva, criativa. Ele apresenta dados comparativos sobre os processos de aprendizagem dos alunos antes e depois da utilização do produto.**

Sim

Não

**10. O produto cita as formas, o modo e as possibilidades de sua aplicação nos ambientes de ensino.**

Sim

Não

**11. No que tange o potencial de utilização, a facilidade de acesso e o compartilhamento do Produto Educacional de forma integral e/ou parcial em diferentes sistemas. Destacamos que a propriedade de aplicação, refere-se ao processo e/ou artefato (real ou virtual) e divide-se em três níveis:**

- 1) Aplicável (Quando o Produto Educacional tem potencial de utilização direta, mas não foi aplicado);**  
**2) Aplicado (Quando o Produto Educacional foi aplicado uma vez, podendo ser na forma de um piloto/protótipo);**  
**3) Replicável (Quando o Produto Educacional está acessível e sua descrição permite a utilização por outras pessoas, considerando a possibilidade de mudança de contexto de aplicação).**

O Produto Educacional foi aplicado em diferentes ambientes/momentos e tem potencial de replicabilidade (por estar acessível e sua descrição permitir a utilização por terceiros, considerando a possibilidade de mudança de contexto de aplicação).

O Produto Educacional foi aplicado uma vez durante a pesquisa e não tem potencial de replicabilidade.

O Produto Educacional foi aplicado uma vez durante a pesquisa e tem potencial de replicabilidade (por estar acessível e sua descrição permitir a utilização por terceiros, considerando a possibilidade de mudança de contexto de aplicação).

O Produto Educacional tem características de aplicabilidade, mas não foi aplicado durante a pesquisa.

**12. Em respeito a dimensão, nível de ensino, área, metodologia, recursos, vale ressaltar que o Produto Educacional, explicita o nível de ensino ao qual se propõe, a área, a metodologia de ensino e/ou os recursos tecnológicos utilizados.**

Sim

Não

**13. Quanto a Relevância do Produto Educacional, este demonstra possibilidades efetivas de contribuição para o exercício profissional, para os processos de ensino e de aprendizagem, para a melhoria da educação básica e para o desenvolvimento de propostas inovadoras de ensino.**

Sim

Não

## **ANEXOS**

## PARECER – ANÁLISE DA DISSERTAÇÃO

Autor do trabalho: Prof. Sidney Assis Chagas

Analista: Prof. Msc Lucas Linhares Marinho

O autor, que está realizando a análise e arguindo, é egresso do Programa MNPEF e servidor público do Estado, ativo na SEDUC – AM.

O trabalho intitulado “**Uma proposta para ensinar queda livre: Usando a interface Hackeduca Conecta**” está considerado aprovado, pois chama a atenção de uma metodologia inovadora e ativa, que traz à tona o pensamento computacional integrado no Ensino da Física, pertinente com a literatura científica. Seguindo a ideia, o trabalho está bem fundamentado e bem escrito, seguindo uma estrutura lógica e formal no que diz respeito à ABNT e a literatura da Ciência Física, destacando suas referências e seu contexto com a abordagem do trabalho.

Alguns pontos importantes são a forma como o trabalho foi articulado junto com a metodologia e o método sugerido, pouco visto na literatura pertinente. O trabalho trouxe um aspecto muito essencial que é a visualização dos conceitos apresentados na dissertação, que pode ser projetado e modelado pelo próprio aluno, tornando ele ativo e assíduo no processo ensino-aprendizagem. Desse modo, o objeto de estudo abordado que é a queda livre e o pensamento computacional, especificamente os conceitos iniciais e o uso da gravidade deixam bem esclarecido essas animações e programações articuladas e evidentes ao usar o aplicativo Hackeduca Conecta, uma vez que ela torna essa demonstração didática e evidente.

Outro ponto importante é a forma e a maneira que o produto educacional ensina, e explana de forma didática e lúdica. O produto explica passo a passo de como reproduzir o trabalho em sala de aula e como aplicar essas ferramentas no ensino das Forças nos planos horizontal e vertical.

Sendo assim, o trabalho está considerado aprovado, e bem explicado, conseguindo ser de fato um produto (material de apoio ao professor) e servir de base para que os professores do Ensino Médio consigam reproduzir e ensinar seus alunos de maneira didática, inovando e contribuindo para o processo ensino-aprendizagem com recursos utilizados em outras áreas do conhecimento.

Manaus, 05 de julho de 2021.



Assinatura

Análise qualitativa sobre a aplicabilidade do produto educacional do mestrando Sidney Assis Chagas que tem como título: “UMA PROPOSTA PARA ENSINAR QUEDA LIVRE: USANDO A INTERFACE HACKEDUCA CONECTA”

Sou Fabio Yamashita, professor da disciplina de Física na escola Estadual Tereza dos Santos, localizada na rua Antônio Almeida Santos, 243 – Itapiranga - AM

Sobre o produto educacional elaborado pelo mestrando, penso que a sequência está bem estruturada. As orientações acerca de como fazer a programação bem como o circuito necessário para a realização da atividade está bem clara e objetiva. Os materiais utilizados no projeto são de fácil acesso e baixo custo (tendo como base o salário referente a 20 horas semanais do professor do estado do Amazonas).

O Arduíno e o Hackeduca são ferramentas pouco conhecidas entre os professores de Física, no entanto, tem um grande potencial quando utilizado para o ensino de Física. Saber manusear e como usar em sala de aula é um desafio quando temos pouco tempo para aprender novas ferramentas de ensino, por isso, trabalhos que orientem o professor a como manusear novas ferramentas tecnológicas para o ensino de Física sempre serão de grande valia para os educadores que tem o interesse em dinamizar suas aulas de Física.

É de conhecimento geral que muitas escolas públicas não possuem laboratórios de Física. No entanto, o que poucos sabem é do grande potencial que essas duas ferramentas (Arduíno e Hackeduca) têm quando se trata de experimentos de Física em sala de aula. São ferramentas que podem ser importantes aliadas para o ensino de uma Física um pouco mais experimental e prática em uma realidade de poucos recursos e falta de estrutura.

Obter o valor aproximado da gravidade é apenas uma das muitas atividades que podem ser realizadas em sala de aula por meio destas ferramentas. Por isso que, com o pouco de conhecimento que tenho sobre estas, indico e novamente reafirmo a importância do trabalho do trabalho de Sidney Assis Chagas na área.

O projeto é viável e pode ser aplicado em sala de aula desde que o professor adquira o kit Arduíno, faça o download do software Hackeduca e siga as instruções do produto didático em questão. O resultado para o ensino de Física muito provavelmente será bom, tendo em vista a boa receptividade dos alunos por aulas mais práticas.

Assinatura:         Fabio K. Souza Yamashita

## PARECER – ANÁLISE DA DISSERTAÇÃO

Autor do trabalho: Sidney Assis Chagas

Analista: Prof. Msc Francisco Miranda Monteiro Júnior

O autor, que está realizando a análise, é egresso do programa MNPEF e servidor de uma instituição de ensino privado na cidade de Manaus.

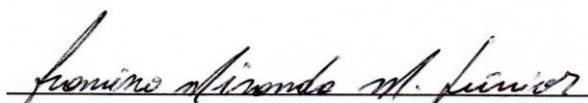
A dissertação de mestrado intitulada como **“Uma proposta para ensinar queda livre: Usando a interface Hackeduca Conecta”** vem nos trazer uma performance bastante significativa, atual, necessária e corresponde as necessidades do uso da metodologia ativa. O trabalho é bem explicativo quando ao uso das ferramentas computacionais necessárias, ou seja, demonstra os caminhos que um professor deve seguir para alcançar o objetivo que em grande parte concentra-se no estabelecimento da aceleração gravitacional, demonstrando algo provado e não instituído.

O ensino tem passado por algumas remodelagens onde o trabalho atende a este processo, como citado acima, utilizando ferramentas computacionais onde podemos visualizar o lado a lado caminhado com um possível campo da robótica. E ainda mais, voltando o olhar para o produto educacional, é tratado em uma linguagem simplista onde existe a possibilidade de um estudante conseguir construir sozinho, caso ele tenha o material necessário.

Chamamos a atenção para o material utilizado, que seria apenas a maior dificuldade a ser encontrada, uma vez que o trabalho demonstra bem o passo a passo, pois acredito que para deixar este ensino mais significativo os próprios estudantes deveriam manusear, tentar e expor os seus feitos. Para isso acontecer seriam necessários mais “kits” que envolve as placas de Arduino e os respectivos sensores.

No mais, o trabalho foi testado por mim como aprendiz e que com toda certeza passarei a utilizar no meu ambiente de trabalho e com isso aprovo esta proposta de ensino de grande importância para a evolução do ensino da física. Uma vez que temos agora como, além de algumas contas, provar o valor da aceleração da gravidade justificando a sua aproximação.

Manaus, 15 de julho de 2021.



Assinatura



## PARECER Técnico-Pedagógico

**Assunto:** Parecer acerca da Dissertação e Produto Educacional apresentados ao Programa de Pós-Graduação Polo 04 IFAM/UFAM no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Eu Fabricio de Oliveira Farias, RG 1510893-7 e CPF 660.775.752-91 professor da área de Física do quadro efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus-Centro e atualmente lotado no Departamento Acadêmico de Educação Básica e Formação de Professores, através deste informo que considerando a análise técnico-pedagógica realizada diante da **dissertação de mestrado** cujo título é “**UMA PROPOSTA PARA ENSINAR QUEDA LIVRE: USANDO A INTERFACE HACKEDUCA CONECTA**” e do **produto educacional** do Mestrando Sidney Assis Chagas, isto posto de acordo com a nossa óptica, quando pensamos no ensino do Componente Curricular Física, voltamos nosso olhar para uma ciência de cunho experimental que estuda os fenômenos naturais que nos rodeiam, logo, isso nos remete a pensarmos sempre em contribuir com o ensino, propondo ações pedagógicas, bem planejadas e com contundentes estratégias, utilizando recursos didático com potencial, além de estarem associadas à metodologias diferenciadas. Dessa forma, teremos a condição necessária para contribuirmos de modo significativo com o ensino e assim possamos consolidar um aprendizado potencializado, fazendo de nossos alunos, seres investigadores com pensamento crítico e reflexivo de modo que possam compreender o motivo pelo qual estudaram e adquiriram conhecimentos e como esse conhecimento pode fazer diferença na vida de cada um deles. Portanto com base na análise do trabalho em tela, ressaltamos que:

I – No que se refere a Dissertação de Mestrado, esta coloca em pauta a proposta de ensino de um importante tema da Física, utilizando um modo dinâmico e diferenciado e auxiliado por contundentes recursos tecnológicos. É importante destacar que o tema é de muita relevância e pertinência para o ensino de Física e que no contexto geral das instituições de ensino, muitos discentes costumam apresentar dificuldades para compreendê-lo diante da abordagem dos seus professores nos ambientes de aprendizagem. Daí o



diferencial para o professor promover o estudo do tema Queda Livre de modo diferenciado e auxiliado por excelentes recursos.

II – A estrutura do Trabalho e a distribuição dos capítulos é concisa nos possibilitando entender a dinâmica proposta.

III – O resumo espelha o conteúdo presente na dissertação e por outro lado a introdução se mostra clara, concisa, objetiva, na qual permite compreender a motivação que levou o autor a elaborar o trabalho.

IV – Com base na problemática apresentada, os objetivos foram bem definidos e modo a sustentar a proposta do trabalho.

V – A revisão da literatura, de um modo geral fundamenta do ponto de vista teórico e epistemológico a proposta de ensino, fazendo ênfase a uma eficaz teoria de ensino-aprendizagem corroborando para a ideia central da ação que visa ter um aluno ativo a ponto de construir seu próprio conhecimento.

VI – A seção dos métodos deixa claro o percurso para a obtenção dos resultados almejados, visto o desenvolvimento do tema nos ambientes de aprendizagem.

VII - Nas considerações finais o autor contextualiza o seu estudo em detrimento das perspectivas docentes, visto a utilização dessa proposta, uma vez que a metodologia é inovadora e faz uso de recursos tecnológicos, deixando bem claro uma série de aspectos que serão desencadeados pelos estudantes imersos nesse processo.

Quanto ao produto educacional, salientamos que o mesmo se apresenta de modo bem estruturado, deixando bem claro os aspectos que o torna, recurso diferenciado, podendo assim ser implementado por docentes nos ambientes de ensino para auxiliar na aprendizagem, ou seja, é mais um recurso à disposição para auxiliar docentes e estudantes no ensino de Física. Vale lembrar que nesse produto o docente, dispõe das informações sobre os recursos tecnológicos envolvidos na proposta e suas respectivas formas de utilizações, assim deixamos bem claro que o produto aqui destacado, tem grande potencial, pois nesse contexto se coloca no ensino como um elemento diferencial para auxiliar no trabalho docente, isto é, uma vez sendo aplicado pode corroborar para que tenhamos um aprendizado com qualidade de nossos estudantes.

É o parecer,

Manaus, (AM), dia 21 de julho de 2021.

Prof. MSc. Fabricio de Oliveira Farias  
IFAM-CMC



**PRODUTO EDUCACIONAL (MATERIAL DE APOIO DO PROFESSOR)**

**SIDNEY ASSIS CHAGAS**

Manaus/AM  
2021

## APRESENTAÇÃO

Caro leitor, esse trabalho é um produto oriundo de uma dissertação do Programa de Pós-graduação de Física, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, polo 04, realizado pela UFAM/IFAM.

Este produto educacional tem por objetivo apresentar aos professores da Educação Básica, a noção de como operar em programas computacionais voltados para o Ensino de Física e outras áreas do conhecimento. Nele, apresentaremos como utilizar o Hackeduca Conecta, aplicativo gratuito (Scratch para Arduino). Será apresentado uma abordagem inicial sobre o Arduino e posteriormente o *Scratch*, tendo como finalidade a construção sólida dos conceitos físicos aos alunos do 1º ano do Ensino Médio.

O produto descreve aspectos diferenciais, destacando recursos que oferecem e auxiliem os alunos nas aulas de Física, ao invés de só aprender Física de forma calculista. Com isso, além do produto apresentar a abordagem inicial sobre os recursos para o professor utilizar em sala de aula com seus alunos, também será apresentada uma atividade clássica e bastante útil que relaciona aula experimental e computacional, onde será mostrado como calcular o valor da gravidade através da programação em blocos com o amparo de um mini controlador chamado Arduino.

# SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Aprendendo a utilizar o <i>Hackeduca</i> Conecta: <i>Scratch</i> para Arduino.....</b> | <b>4</b>  |
| <b>Conhecendo um pouco do Arduino .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>Conhecendo um pouco do <i>Scratch</i> .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>Conhecendo o <i>Hackeduca</i> Conecta .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>Referências.....</b>   | <b>15</b> |

## **Aprendendo a utilizar o *Hackeduca* Conecta: *Scratch* para Arduino**

Caro leitor, neste presente texto de apoio, apresentaremos e ensinaremos a utilizar o aplicativo *Hackeduca* Conecta (*Scratch* para Arduino), assim como também a programar em blocos a partir do *Scratch* para Arduino, O *Hackeduca* é um aplicativo composto por duas plataformas em um único aplicativo. Ele possibilita aos professores e alunos a compreender e a construir as noções de programação a partir do Arduino, além de ser um aplicativo gratuito e de fácil acesso aos usuários. Disponível no próprio site <https://www.hackeduca.com.br/>. Este texto de apoio tem como objetivo apresentar a plataforma a fim de divulgar o conhecimento computacional para professores utilizarem em suas aulas práticas com seus alunos e apresentar como fruto da plataforma, uma animação sobre o conhecimento de Queda livre, abordando o valor da gravidade.

### **Conhecendo um pouco do Arduino**

O Arduino foi criado em 2005 por um grupo de 5 pesquisadores: Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis. O objetivo era elaborar um dispositivo que fosse ao mesmo tempo barato, funcional e fácil de programar, sendo dessa forma acessível a estudantes e projetistas amadores. Além disso, foi adotado o conceito de hardware livre, o que significa que qualquer um pode montar, modificar, melhorar e personalizar o Arduino, partindo do mesmo hardware básico, conforme mostra a figura 1 abaixo:

Figura 1: Placa Arduino Uno



Fonte: <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>

Assim, foi criada uma placa composta por um microcontrolador Atmel, circuitos de entrada/saída e que pode ser facilmente conectada à um computador e programada via IDE (*Integrated Development Environment*, ou *Ambiente de Desenvolvimento Integrado*) utilizando uma linguagem baseada em C/C++, sem a necessidade de equipamentos extras além de um cabo USB.

O ambiente virtual do *Arduino*, chamado IDE, é um local apropriado para desenvolvimento da linguagem C++, contribuindo para compilar e executar códigos dentro do *Arduino*, sem a necessidade de vários programas para ele (SILVA et al, 2020).

Depois de programado, o microcontrolador pode ser usado de forma independente, ou seja, você pode colocá-lo para controlar um robô, uma lixeira, um ventilador, as luzes da sua casa, a temperatura do ar-condicionado, pode utilizá-lo como um aparelho de medição ou qualquer outro projeto que vier à cabeça.

A lista de possibilidades é praticamente infinita. Você pode automatizar sua casa, seu carro, seu escritório, criar um brinquedo, um novo equipamento ou melhorar um já existente. Tudo vai depender da sua criatividade.

Para isso, o *Arduino* possui uma quantidade enorme de sensores e componentes que você pode utilizar nos seus projetos. Grande parte do material utilizado está disponível em módulos, que são pequenas placas que contêm os sensores e outros componentes auxiliares como resistores, capacitores e leds.

Nesse contexto, escolhemos a interface *Arduino* e *Scratch*, pois segue esses comandos em que os alunos ficam mais à vontade para estudar e colocar a mão na massa com mais autonomia, testando e aprofundando seu conhecimento com repetições e estímulos, estímulos estes que são as animações produzidas por eles mesmos.

O uso da placa *Open Source Arduino* e da programação criativa *Scratch* tornam possível essa interação, desenvolvendo uma cognição mais ativa, pelo fato de envolver códigos que exigem raciocínio lógico para completar desafios e para passar por etapas, chamando a atenção do aluno para outros ramos de tecnologia, proporcionando um aprendizado bastante significativo de matérias como matemática, lógica de algoritmo, explicação de fenômenos físicos e químicos em laboratórios ou não (SILVA, 2020).

Em se falando de tecnologia, como é o caso do computador, pode-se falar de modelagem computacional, Veit (2005) ressalta que a modelagem computacional aplicada a problemas de

Física transfere para os computadores a tarefa de realizar os cálculos (numéricos e/ou algébricos) deixando o físico ou o estudante de Física com maior tempo para pensar nas hipóteses assumidas, na interpretação das soluções, no contexto de validade dos modelos e nas possíveis generalizações/expansões do modelo que possam ser realizadas.

## Conhecendo um pouco do *Scratch*

O *Scratch* é uma linguagem de programação muito simples e intuitiva, recomendada para ser usada por principiantes, jovens ou adultos, que queiram iniciar-se no mundo da programação de computadores, ganhando gosto e asas para voos mais altos noutras linguagens mais poderosas e profissionais. A figura 2 mostra a interface da ferramenta com alguns blocos, que servem de blocos programadores.

Figura 2: Interface Scratch



Fonte: <https://www.technokids.com/blog/apps/5-new-features-in-scratch-3-0/>

Destaca-se que este software é um recurso didático para auxiliar o professor nas aulas de Física, tornando as aulas mais interessantes, dinâmicas e que os alunos interajam no desenvolvimento das aulas na busca da construção do conhecimento.

O *Scratch* já vem sendo utilizado em diferentes projetos e vem contribuindo positivamente no ensino, pois é uma ferramenta tecnológica que permite que o aluno expresse suas ideias, criatividade e modelos, utilizando os blocos de comandos que possibilitam criar as animações e consequentemente discutir sobre o fenômeno físico representado. Portanto, ao utilizarmos essa inovação digital disponível, teremos uma oportunidade para melhorar as aulas de física e criar

ambientes na qual a construção e avaliação dos modelos dos alunos seja verdadeiramente incentivado.

## **Conhecendo o Hackeduca Conecta**

A Interface Hackeduca Conecta é o elo de dois programas num só aplicativo, onde se pode programar em blocos através dos comandos do Arduino, sendo bem interativo e intuitivo, podendo-se trabalhar em todas as áreas do ensino da educação e em diversas áreas das ciências.

Já que a Interface trabalha diretamente com dois programas computacionais, é importante salientar a importância e descrição de cada programa presente a fim de esclarecer a função e finalidade fundamental de cada um deles.

Além do mais, será apresentada uma animação sobre a Queda livre dos corpos, onde será calculado o valor da gravidade e comparado com a literatura científica, presente em livros-texto, a partir do *Hackeduca Conecta*, com o propósito de servir de apoio aos professores que queiram utilizar esse recurso em suas aulas sobre Queda livre a fim de explicar melhor e simular grandezas físicas fundamentais, como é o caso do valor da gravidade.

O importante aqui, é aprender as noções básicas que o aplicativo oferece, tanto informações gerais do *Scratch* quanto do Arduino. Será abordado passo a passo o método para se calcular o valor de  $g$ .

O Hackeduca está disponível para download no próprio *site*. No *site* onde está localizado, oferece diversas programações que abrange todas as áreas do ensino da Educação Básica. Logo, qualquer professor dentro da sua área de ensino pode reproduzir as simulações de forma totalmente gratuita. A figura 3 que ilustra o aplicativo, e já tem a versão 3.0, que é a mais atualizada, ainda podendo ser utilizada de modo *off-line*.

Figura 3: Plataforma *off-line* Hackeduca



Fonte: <https://www.hackeduca.com.br/>

Primeiramente, para inicializar o aplicativo, deve-se fazer o download e instalar no seu computador, notebook, etc.

Entre no site da plataforma e siga a instrução a seguir para baixar conforme mostra a figura 4:

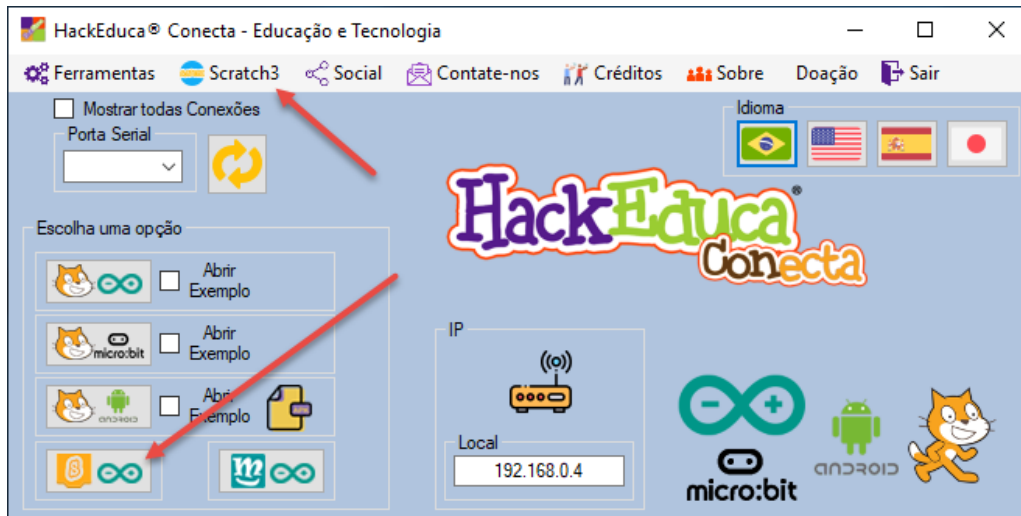
Figura 4: Instrução para baixar o Hackeduca Conecta



Fonte: <https://www.hackeduca.com.br/>

Após fazer o download, instale e assim que executar, irá ser apresentado a seguinte tela de acordo com a figura 5:

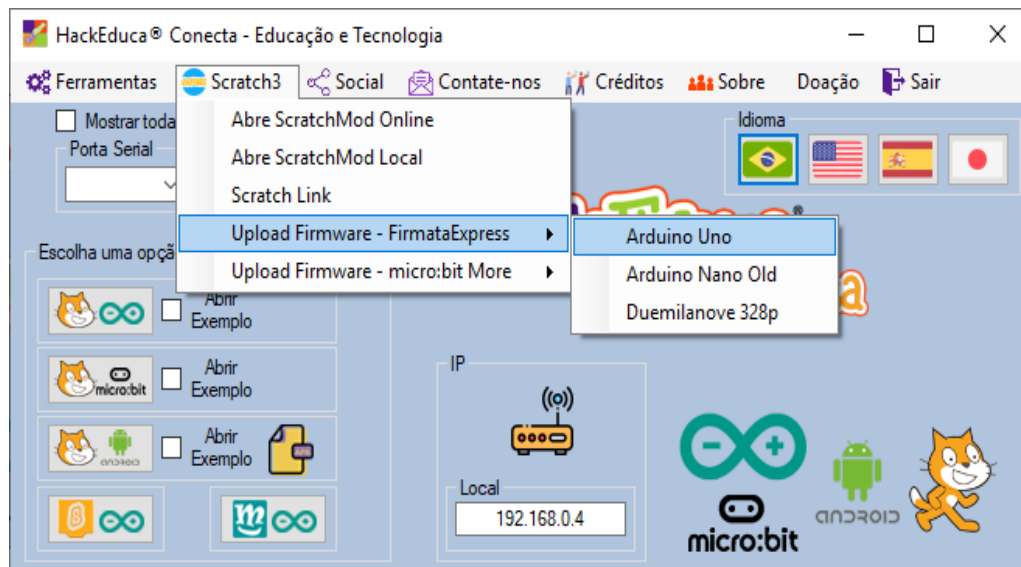
Figura 5: Inicializando o *Hackeduca Conecta*



Fonte: <https://www.hackeduca.com.br/>

Após seguir a instrução, conforme mostradas pelas setas, será aberta uma nova janela, mostrada na fig. na seguir para que prossiga inicialização da plataforma. Vale ressaltar que para aparece a aba Arduino Uno, é necessário checar se a placa IDE Arduino está ligada ao USB do computador/*notebook* corretamente. Quando conectada ao computador, sempre será mostrada na *Scratch*, como mostra a figura 6.

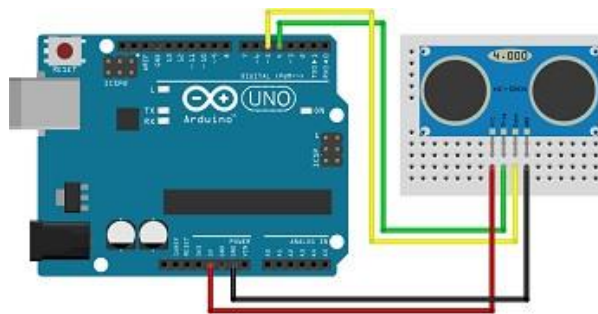
Figura 6: Conectando o Arduino no Scratch



Fonte: <https://www.hackeduca.com.br/>

O próximo passo após inicializar o aplicativo, é montar o circuito que se deseja no Arduino para que depois compile a programação e o *Scratch* demonstre a programação através dos blocos simultaneamente. Como o nosso objetivo é abordar uma simulação da Queda livre dos corpos para calcular a gravidade, ligamos os componentes necessários a placa Arduino como mostra a figura 7:

Figura 7: Esquema de ligação do sensor ultrassônico



Fonte: Fonte: Próprio autor

A figura 7 mostra a placa Arduino Uno e o sensor ultrassônico ligados por fios (jumps). Como o sensor é um componente digital, as duas entradas do mesmo estão ligadas nas portas digitais 4 e 5. Alimentando o circuito com 5 V (volts) através do fio vermelho (positivo) e aterrando o circuito com o fio preto no GND da placa.

Após a montagem do circuito, conectamos a placa ao notebook através do Hackeduca e produzimos o seguinte código (script) no Scratch. O Hackeduca é um software que programa em conjunto o Arduino com o Scratch, segundo o segundo passo a se fazer. A figura 8 mostra o código criado a seguir.

Figura 8: Código no Scratch

```
quando clicar em [bandeira verde]
zere o cronômetro
apague tudo
vá para x: -169 y: -30
mude distancia para 0
mude tempo para 0
espere 3 seg
Ativar PINO Digital 4 como Ultrassom
sempre
  mude tempo para cronômetro
  mude distancia para Ler PINO Digital 4
  mova 10 passos
  mude y para -30 + 2.17 * distancia
  use a caneta
  se distancia > 81 então
    levante a caneta
    pare todos
```

Fonte: Próprio autor

Com relação à variável tempo, tivemos que calibrá-lo com a escala que utilizamos o seguinte código para saber qual o espaço percorrido em 1s. Sendo assim, a partir desta informação podemos obter o valor do tempo a partir do gráfico gerado pela calibração. Como terceiro passo, com esta linha gerada pelo gráfico, ajustamos a grade ao valor estabelecido pelo plano de fundo já do *Scratch*, conforme mostra a figura 9 abaixo.

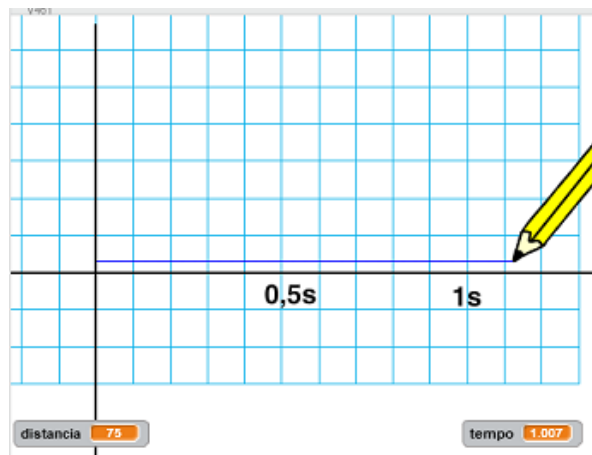
Figura 9: Código de calibração



Fonte: Próprio autor

E agora, após ter os scripts da programação desenvolvida e calibrado o tempo, o quarto passo será, compilamos a programação e geramos um gráfico de acordo com o tempo calibrado e com o fundo de tela, sendo esse fundo milimetrado, feito para facilitar a medida de tempo em segundos, como mostra na figura 06 a seguir. Na figura 10, temos a calibração do tempo diretamente no gráfico.

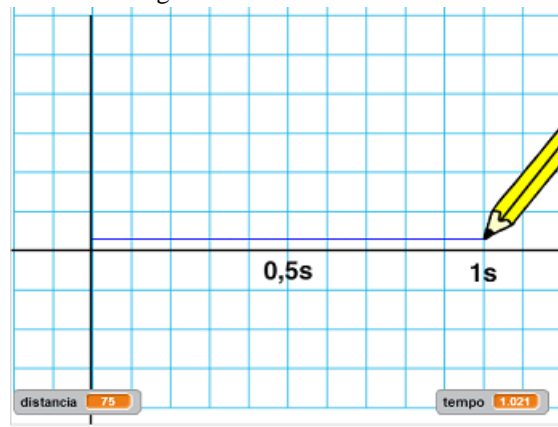
Figura 10: Calibrando o tempo



Fonte: Próprio autor

Após a calibragem obtemos o seguinte gráfico conforme mostrada na figura 11, tendo como o quinto passo:

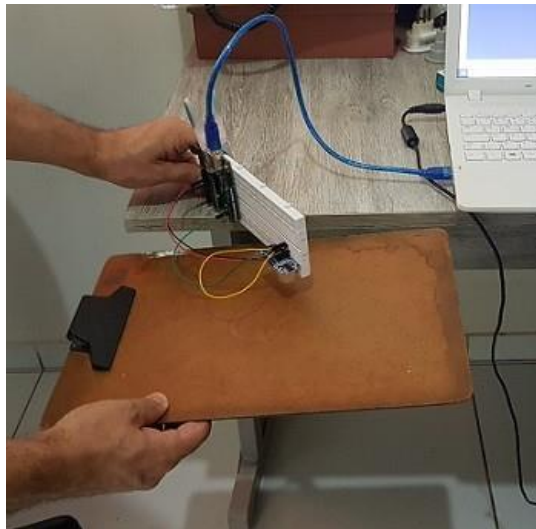
Figura 11: Gráfico Calibrado



Fonte: Próprio autor

E por fim, como último, para obter o gráfico utilizamos, como mostra a figura 12, o seguinte arranjo experimental: a placa Arduino acoplada no protoboard já com o circuito, conectados no *Hackeduca* e a prancheta que servirá como objeto em queda livre.

Figura 12: Arranjo experimental



Fonte: Próprio autor

Apontamos o sensor ultrassônico para o piso e obtemos a altura, adicionamos este valor ao código no *Scratch*. Por fim, ao apertamos o botão iniciar, o programa aguarda 3s para iniciar e assim então soltamos o objeto, que no caso é uma prancheta. O tempo vai ser obtido através da interpretação gráfica.

Obtemos um valor para altura de 0,82m e um tempo de queda 0,4 s, sendo que este valor para o tempo é obtido a partir de uma interpretação do gráfico gerado pelo Hackeduca (Interface Arduino-Scratch). Esta coleta de dado pode apresentar diferenças, isto vai depender da resolução e da calibração do gráfico gerado no Scratch. Ao lançarmos os dados na expressão,

$$\Delta y = \frac{gt^2}{2}$$

obtemos o valor da aceleração da gravidade  $g = 9,875m/s^2$ , que um valor bastante próximo dos apresentados nos livros textos.

Ao utilizarmos alturas diferentes obtemos valores diferentes para  $g$  que depende muito da leitura feita a partir do gráfico. Por exemplo, ao adotarmos a altura de 0,74m o tempo de queda obtido foi de 0,39s resultando no valor de  $g = 9,730 m/s^2$ , que é um resultado satisfatório dentro da tolerância no erro do valor de  $g$ . Vale ressaltar, que os erros relativos referentes ao  $g$  obtido foram feitos na própria Interface Arduino e *Scratch*, onde o resultado foi arrendado em um dos comandos da programação junto com a calibração do tempo.

Ao analisarmos os dados obtidos, podemos notar que o erro da medida de  $g$  decorre principalmente da interpretação do gráfico obtido. A atividade busca trabalhar a coleta de dados pelos alunos e a interpretação feita por eles.

A atividade desenvolvida busca primeiramente trabalhar a interpretação de dados, e mostrar para os alunos como representar graficamente os dados obtidos pelo sensor. Assim, o aluno pode exercitar a leitura do gráfico e extrair informações para realizar os cálculos necessários para o problema proposto, que é o cálculo da aceleração, da gravidade no caso.

## Referências

ALVES, Rafael Machado et al. Uso do hardware livre Arduino em ambientes de ensino-aprendizagem. **Jornada de Atualização em Informática na Educação**, v. 1, n. 1, p. 162-187, 2013.

BRACKMANN, Christian Puhlmann. Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica. 2017.

DE FRANÇA, Rozelma; TEDESCO, Patrícia. Explorando o pensamento computacional no ensino médio: do design à avaliação de jogos digitais. In: **Anais do XXIII Workshop sobre Educação em Computação**. SBC, 2015. p. 61-70.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. *Lições de Física, Vol 1*. 1. ed.

FILHO, A. R. *Avaliação do módulo da aceleração da gravidade com Arduino*. 3. ed. Salvador: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 2016. Citado na página 1.

PAIVA, HUMBERTO; DE ARAÚJO, MAURO SÉRGIO TEIXEIRA. Utilização da experimentação para a determinação da aceleração da gravidade utilizando a máquina de Atwood. **Revista de Produção Discente em Educação Matemática**. ISSN 2238-8044, v. 3, n. 1, 2014.

PERUZZO, Jucimar. Determinação de  $g$  através da captação do som de impacto com o solo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 159-168, 2010.

RODRIGUEZ, Carla et al. Pensamento Computacional: transformando ideias em jogos digitais usando o Scratch. In: **Anais do Workshop de Informática na Escola**. 2015. p. 62.

SILVA, Augusto Herbert Azevedo et al. Usando a robótica educacional com Scratch e Arduino para melhor compreensão de Ciências Exatas. **Scientia Prima**, v. 6, n. 1, p. 147-159, 2020.

WING, J. M. Computational thinking. *Communications of the ACM*, v. 49, n. 3, p. 33, 2006.