

# PROPOSTA DIDÁTICA UTILIZANDO ARDUINO PARA MEDIÇÃO EXPERIMENTAL DA GRAVIDADE PARA ALUNOS COM E SEM DEFICIÊNCIA INTELLECTUAL

## TEACHING PROPOSAL USING ARDUINO FOR EXPERIMENTAL MEASUREMENT OF GRAVITY FOR STUDENTS WITH AND WITHOUT INTELLECTUAL DISABILITY

Tiago Destéffani Admiral  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense – IFF – Brasil  
E-mail: tdesteffani@gmail.com

Isabela Da Silva Cunha  
Secretaria de Educação do Estado do Espírito Santo – SEDU – Brasil

Lucas Poubel Timm do Carmo  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – IFES – Brasil

### Resumo

Dada a crescente inclusão de alunos com necessidades especiais em turmas regulares, se torna cada vez maior o desafio de elaborar estratégias didáticas que possibilitem alcançar o aprendizado de forma satisfatória para esses alunos, sem comprometer o aprendizado dos outros alunos sem necessidades especiais. Este artigo descreve uma proposta de experimento de queda livre de baixo custo, utilizando Arduino, com uma discussão sobre suas possibilidades em uma turma com alunos com e sem Deficiência Intelectual (DI). A proposta foi desenvolvida a partir da necessidade real em sala de aula. O resultado obtido foi um protótipo, cujo tempo de queda do projétil é determinado de forma autônoma pelo Arduino. Ao realizamos testes obtivemos resultados experimentais nos quais a margem de erro estimada para o valor de  $g$  é de 5%. Esse protótipo apresenta aspectos que permitem sua aplicação para o ensino de Física tanto do ponto de vista fenomenológico quanto matemático.

Palavras-chave: Ensino de Física, Arduino, Deficiência Intelectual, Gravidade.

### Abstract

Given the increasing inclusion of students with special needs in regular classes, the challenge of developing didactic strategies that make it possible to achieve learning in a satisfactory way for these students, without compromising the learning of other students without special needs, becomes increasingly greater. This article describes a proposal for a low cost free fall experiment, using Arduino, with a discussion about its possibilities in a class with students with and without Intellectual Disability (ID). The proposal was developed from the real need in the classroom. The result obtained was a prototype, whose projectile fall time is determined autonomously by Arduino. When carrying out tests we obtained experimental results in which the estimated margin of error for the value of  $g$  is 5%. This prototype presents aspects that allow its application to the teaching of Physics both from a phenomenological and mathematical point of view.

Keywords: Physics Teaching, Arduino, Intellectual Disability, Gravity.

## Introdução

A disciplina de Física, para muitos alunos no ensino médio (EM), é uma disciplina complexa e muito associada à matemática (COZENDEY et al, 2011). Um grande desafio dos professores é fazer com que esses alunos desenvolvam interesse em suas aulas e com isso habilidades as quais a Física proporciona. A utilização de experimentos vinculados à tecnologia em sala de aula auxilia no aprender a fazer, oferecendo uma nova metodologia de aprendizagem de maneira mais descontraída (ADMIRAL, JÚNIOR e LINHARES, 2018; CORDOVA e TORT, 2016; GUAITOLINI JUNIOR, 2016 e ADMIRAL, 2020).

A tecnologia faz parte de boa parte de nosso cotidiano. Por meio da tecnologia, os alunos comunicam-se, interagem uns com os outros, se entretêm e aprendem sobre assuntos que os interessam. É evidente que no Ensino de Ciências, em especial no ensino de Física, a tecnologia seja utilizada como um poderoso recurso para estruturar estratégias em sala de aula.

O uso da tecnologia enquanto facilitador para inclusão de alunos com Deficiência Intelectual (DI) em salas de aula regulares é evidenciado em outros trabalhos (ALVES e HOSTINS, 2019; VIANA e GOMES, 2017; SÁNCHEZ, 2016; GALVÃO FILHO, 2016; CORDOVA et al, 2018; LIMA et al, 2016; ARAÚJO e PAIVA, 2018; OLIVEIRA et al, 2018). A diversificação de estratégias de ensino, em especial com a inclusão de tecnologias digitais, pode beneficiar não apenas o aluno sem DI. Malaquias et. al. (2012), ao usarem um ambiente virtual para o ensino da matemática, obtiveram bons resultados ao desenvolver uma estratégia pedagógica com o *VirtualMat*, um *software* que simula uma cidade com prédios, casas e supermercado. A partir da realidade virtual é possível fazer listas de compras, comprar os produtos no supermercado, guardar os produtos e utilizar os produtos em casa. Nele os alunos com DI mostraram-se motivados e interessados ao desenvolverem atividades com o computador. De acordo com os autores, o componente motivacional envolvido na utilização de recursos variados é um fator importante no sucesso do processo ensino aprendizagem. Também por essa razão nossa proposta traz o uso da tecnologia (Arduino) para melhorar a motivação dos alunos.

Destaca-se o trabalho de Santos, Carvalho e Alecrim (2018), que afirmam que atualmente, no Ensino de Física (EF), há um aumento em pesquisas acerca da deficiência auditiva e deficiência visual, porém grande vazio quanto aos transtornos globais do desenvolvimento e de deficiência intelectual. Os autores destacam, também, a falta de preparo para atuação docente nesse sentido. Nesse contexto, as regulamentações legislativas, ao oferecerem garantias de inclusão, possibilitam o ingresso de alunos com necessidades especiais em ambientes escolares os quais não estão devidamente preparados para lidarem com essas necessidades. Essa informação é uma das justificativas para o desenvolvimento de ações de sala de aula que favoreçam a inclusão.

Bernardes e Kelman (2018), ao se depararem com situações parecidas em muitas escolas, elaboraram um planejamento com atividades inclusivas para o EF às alunas com DI do 2º ano do EM. O currículo foi adaptado somente selecionando habilidades voltadas ao perfil das alunas participantes. Os autores avaliaram o rendimento das alunas a partir de uma entrevista realizada com a professora da sala de recursos para o Atendimento Educacional Especializado (AEE), relatando o quanto as atividades ajudaram na aprendizagem à medida que despertou o interesse e estimulou o aprendizado em Física, diferentemente de quando só participavam em sala de aula.

É importante destacar que, mais recentemente, trabalhos têm relacionado o EF ao uso de novas tecnologias, como é o caso do Arduino por possuir um software livre e fácil de utilizar. Professores vêm utilizando Arduino durante as aulas práticas de Física tanto no EM quanto no ensino superior associado a experimentos em que os alunos podem interagir plenamente durante suas aplicações. Essa interação atrai os alunos à programação e lógica de computadores além de conhecer componentes e circuitos elétricos.

O trabalho de Dias Alves e Rodrigues (2019) é importante nessa corrente, pois relata um estudo de caso em que, por meio de entrevistas com professores de Física e professores de apoio, se evidencia uma grande diferença nas abordagens entre professores preparados e não preparados para essas especificidades, concluindo a necessidade da formação inicial e continuada para o sucesso da aprendizagem do aluno com DI.

Cordova et. al. (2018) apresentam um audiotermômetro construído com materiais de baixo custo e fácil acesso e placa Arduino para ser utilizado com alunos com deficiência visual. Segundo os autores, o audiotermômetro mostrou-se potencialmente aplicável em salas de aula mistas. O trabalho dos autores destaca também a grande potencialidade em utilizar uma abordagem experimental de fácil manuseio, e como a interação dos alunos pode resultar em uma alta motivação e melhora no aprendizado. Também nosso trabalho pressupõe a demonstração prática e a interação dos alunos com o protótipo.

Admiral, Júnior e Linhares (2018) apresentam uma pesquisa qualitativa feita a partir de uma sequência didática trabalhada com alunos de licenciatura em Matemática. Junto a uma sequência foi utilizado um aparato de baixo custo com Arduino para registrar as distâncias em cada instante da oscilação de um pêndulo simples. A atividade motivou e auxiliou na aprendizagem na qual foi demonstrado pelo interesse de conhecer melhor os dispositivos ali utilizados e melhor desempenho nas avaliações formais. Cordova e Tort (2016) desenvolveram uma plataforma com Arduino na qual a esfera é liberada passando por dois sensores superior e inferior para registrar o tempo em queda livre. Os valores encontrados permitiram calcular a aceleração da gravidade e comparar o resultado experimental com o valor encontrado na literatura.

Já o trabalho de Szmoski (2018) explora dois conceitos em apenas um experimento também utilizando Arduino e materiais de baixo custo, no qual é possível abordar queda dos corpos e indução, pois possui magnetos em tubos verticalmente orientados. Os resultados descritos podem auxiliar nas discussões e explorações durante a aula e suas aplicações no dia a dia e sugere a participação do aluno durante a montagem do experimento.

Outro trabalho que segue nessa direção é o projeto de Guaitolini Junior et al (2016), que envolve um objeto em queda livre passando por quatro sensores distanciados entre si, usados para registrarem o tempo de passagem do objeto em cada um. Os valores são exibidos no display LED e coletados para calcular a aceleração da gravidade comparando-a com o valor da literatura. Com montagem consideravelmente complexa, o experimento não apresenta tanta facilidade no uso cotidiano na sala de aula.

Embasados pelos estudos sobre EF, DI e Arduino, e com o intuito de desenvolver um projeto inclusivo, foi necessário dar enfoque aos documentos oficiais de políticas públicas acerca da educação inclusiva, a fim inserir a equidade em salas de aula no ensino regular fundamentado pela Declaração de Salamanca à Política Nacional de Educação Especial assegurando entrada e permanência de alunos

com deficiência intelectual no ensino regular com currículo, materiais e adaptações do espaço para atender suas especificidades.

No momento atual, encontra-se em documentos essas definições/atribuições, porém optou-se pelo termo também muito utilizado DI. A partir da necessidade real de se trabalhar com uma turma mista, pensamos em propor uma atividade que pudesse ser atrativa ao público misto e que, ao mesmo tempo, pudesse ser repetida várias vezes para melhor entendimento dos alunos com DI. Com a finalidade de contemplar a necessidade prática de ensinar, bem como as regulamentações discutidas.

Com a finalidade de desenvolver um experimento para abordar aceleração da gravidade utilizando Arduino procurou-se confeccionar um aparato ao qual o professor pudesse transportá-lo com facilidade e fácil montagem para os alunos com e sem DI diferentemente dos projetos descritos em alguns artigos (GUIMARÃES et al, 2013; CORDOVA e TORT, 2016; SZMOSKI, 2018 e; GUAITOLINI JUNIOR et al, 2016). O nosso experimento apresenta baixo custo, como mostrado em trabalhos citados anteriormente. Optou-se por construir uma torre, com sensores infravermelho, de onde será lançada uma esfera feita com massa epóxi. Os sensores registram o início e fim da queda do objeto, o sinal é enviado à placa Arduino e os dados coletados mostrados em uma tela. Com esses dados podemos realizar o cálculo do valor da aceleração da gravidade.

Justifica-se este trabalho porque a literatura que relaciona as temáticas de Ensino de Física, Deficiência Intelectual e Arduino são ausentes. Um dos indicativos de ausência de trabalhos abordando esses temas foi averiguado a partir de uma busca realizada em periódicos como, Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Brasileira de Educação Especial, Revista Educação Especial e nos encontros Simpósio Nacional de Ensino de Física e Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, no período de 2015 a 2019, apenas oito estudos foram encontrados anteriormente citados. A seleção da busca foi justificada pelo Qualis das revistas, que refletem em boa medida seu impacto. Portanto, há ainda um caminho a ser seguido nessa perspectiva.

Paralelo a isso, pode-se destacar que existem projetos em Arduino para abordar a aceleração da gravidade com objetos em queda livre encontrados na literatura (GUIMARÃES et al, 2013; CORDOVA e TORT, 2016; SZMOSKI, 2018 e; GUAITOLINI JUNIOR et al, 2016). Entretanto nenhum desses trabalhos traz uma discussão sobre a possibilidade de trabalho com alunos com DI mesmo com o aumento do número de alunos com necessidades especiais matriculados foi de 150% de 1998 a 2013 (BRASIL, 2014). A seguir fizemos um breve histórico sobre a Educação Especial no Brasil, para situar o contexto no qual o trabalho foi desenvolvido. E nas seções seguintes será apresentado o protótipo e os resultados experimentais obtidos por ele.

### **Breve Histórico da Educação Especial e Deficiência Intelectual**

A declaração de Salamanca (UNESCO, 1994) define a inserção do deficiente na sociedade através da educação como parte integrante do sistema educacional, destacando a adoção do princípio de educação inclusiva como lei ou política garantindo a matrícula de todas as crianças em escolas regulares. Esse documento representou, na época, um dos principais passos na direção da inclusão.

Dois anos depois, a fim de acompanhar o entendimento da declaração de Salamanca, alguns artigos da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), foram criados assegurando o atendimento especializado e gratuito a alunos com necessidades educacionais especiais, preferencialmente na rede regular de ensino. Os sistemas de ensino deveriam então garantir currículos, métodos, técnicas,

recursos educacionais e organização específicos, para atender às suas necessidades (BRASIL, 1996). No Brasil essa regulamentação marcou o início da formalização dessa necessidade de inclusão, entretanto as Instituições de Ensino Superior (IES) ainda não tinham feito adequações quanto à essa necessidade.

Com a finalidade de reafirmar todos os documentos anteriores e garantir a integralização e o aprendizado de todos os estudantes, sem nenhum tipo de discriminação, foi implementada a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva, que “acompanha os avanços do conhecimento e das lutas sociais, visando constituir políticas públicas promotoras de uma educação de qualidade para todos os alunos” (BRASIL, 2014).

Esses marcos permitiram iniciar a organização da educação inclusiva no país, porém sem fornecer a devida formação aos professores da educação básica no ensino regular. Somente depois surgiram orientações e informações para a organização do ambiente escolar para fornecer atendimento educacional especializado e condições de permanência desses estudantes na escola.

Pode-se destacar o documento de Educação Inclusiva: Atendimento Educacional Especializado para a Deficiência Mental (BRASIL, 2006), que define que:

“A deficiência mental constitui um impasse para o ensino na escola comum e para a definição do seu atendimento especializado, pela complexidade do seu conceito e pela grande quantidade e variedades de abordagens do mesmo.” (BRASIL, 2006).

Conforme BRASIL (2007):

[...]“A medida do coeficiente de inteligência (QI), por exemplo, foi utilizada durante muitos anos como parâmetro de definição dos casos. O próprio CID 10 (Código de Internacional de Doenças, desenvolvido pela Organização Mundial de Saúde), ao especificar o Retardo Mental (F70-79), propõe uma definição ainda baseada no coeficiente de inteligência, classificando-o entre leve, moderado e profundo, conforme o comprometimento. Também inclui vários outros sintomas de manifestações dessa deficiência, como: a [...] ‘dificuldade do aprendizado e comprometimento do comportamento’, o que coincide com outros diagnósticos de áreas diferentes”(BRASIL, 2007).

### **Materiais e descrição do aparato experimental**

O aparato consiste em uma torre e base feitos de papelão e cartolina contendo uma plataforma na parte superior na qual possui sensores infravermelho (receptor+fototransistor) que dá início da contagem de tempo no início da queda de uma esfera. Ao final da torre encontra-se outro par de sensores para registrar o instante em que a esfera toca a base. Para a construção da estrutura da torre são utilizados os seguintes materiais:

- 2 folhas de cartolina;
- Papelão;
- Cola quente;
- Tesoura;
- Estilete.

Para a parte eletrônica do protótipo foram utilizados os seguintes materiais:

- 1 placa Arduino Uno;
- 1 Protoboard;
- 2 resistores 220 k $\Omega$ ;
- 2 resistores de 10 k $\Omega$ ;
- 2 pares LED infravermelho 5 mm (emissor+receptor);
- Fios jumper;
- Pequena esfera (utilizada como objeto para queda livre).

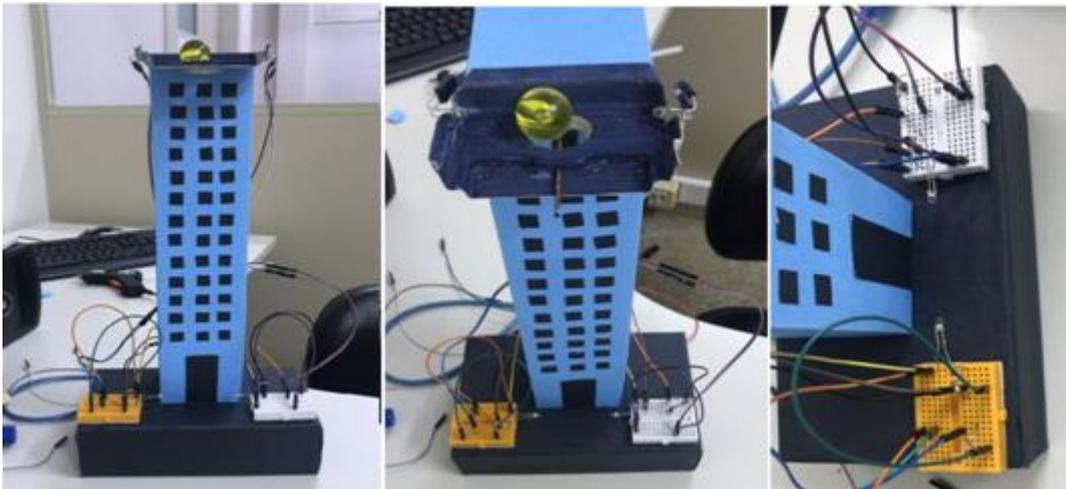


Figura 1: Protótipo de queda livre. Fonte: Elaboração própria.

Pode-se observar através da Figura 1 o alinhamento dos sensores infravermelho permitindo melhor detecção da presença da esfera. Para melhor alinhamento dos mesmos optou-se por utilizar duas placas mini-protoboard. As duas mini protoboards são fixadas na base e interligadas à placa Arduino por fios *jumper*.

### *Sensor infravermelho*

O sensor infravermelho é composto por um LED (*Light Emitting Diode*), diodo emissor de luz, porém emite luz no espectro do infravermelho, ou seja, não é visível a olho nu. Uma técnica usada para verificar o funcionamento do LED infravermelho é ligar a câmera de um smartphone, posicionar em frente ao LED e será possível observar um ponto de luz central, como mostrado na Figura 2. No entanto, o LED deve ser transparente para que isso ocorra (geralmente emissor), no caso do receptor (às vezes vendido na cor preta) o teste pode ser feito com um multímetro.



Figura 2: Emissão de luz no espectro infravermelho registrado por uma câmera de smartphone. Fonte: Elaboração própria.

O outro componente principal do sensor infravermelho é o LED receptor. Ele possui um aspecto semelhante ao mostrado na Figura 2 e fica polarizado na presença de luz infravermelha. Os dois LED's devem ser posicionados em alinhamento, um de frente para o outro, de forma que quando um obstáculo atravessar o espaço entre eles haverá uma interrupção momentânea na recepção do LED receptor.

É necessário fazer a análise do resistor que será utilizado no circuito para melhor funcionamento dos sensores. Neste projeto, utilizamos resistores de 220,0k $\Omega$  e 20,k $\Omega$ . Segundo o *datasheet* do LED emissor, os parâmetros de *forwardvoltage* (voltagem direta) para 20,0 mA é de 1,20V a 1,50V e 35,0 $\mu$ A é de 0,39 V. Portanto, a resistência total está adequada ao componente. A Equação 1, foi utilizada para realizar o dimensionamento do valor da resistência elétrica:

$$R = \frac{V_F - V_L}{I_L} \quad (1)$$

Em que  $R$  é o valor da resistência elétrica em Ohms,  $V_F - V_L$  corresponde à queda de potencial em volts, e  $I_L$  é o valor da corrente elétrica limite em Amperes. A partir do cálculo da resistência montou-se o circuito de acordo com a Figura 3.

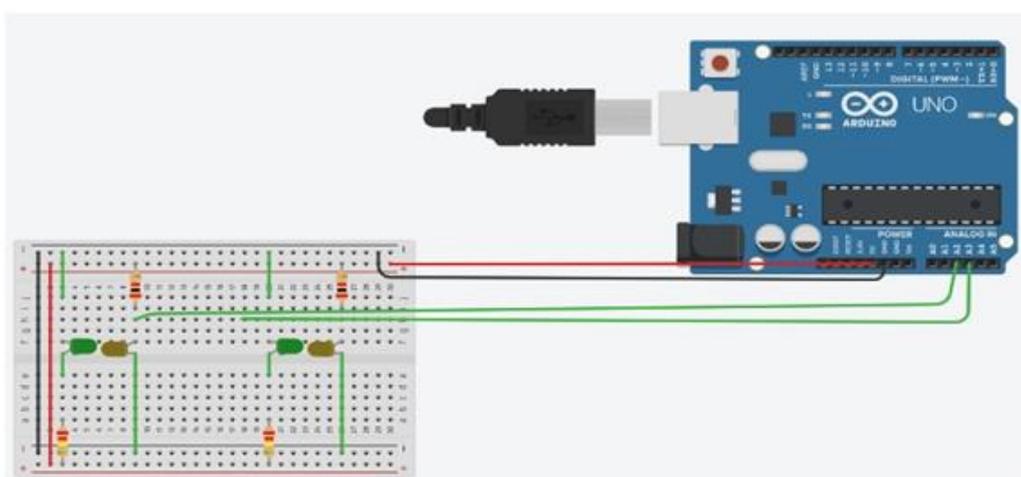


Figura 3: Imagem ilustrativa da conexão placa Arduino, protoboard e seus componentes. Fonte: Elaboração própria.

A montagem do circuito pode ser feita separadamente em duas placas mini-protoboard, uma para os sensores superiores e outra para os sensores inferiores. Entretanto as placas são opcionais, o conjunto de sensores também pode ser colado diretamente à maquete.

## Arduino

Arduino é uma plataforma de computação física ou embarcada usada para interagir com seu ambiente através de hardware e software. Essa pode ser usada para desenvolver projetos independentes ou conectado em um computador.

Dispositivos podem ser conectados a eles também como LED's, botões, interruptores, motores, sensores de temperatura, entre outros (McROBERTS, 2011).

O código utilizado foi uma adaptação de um código livre disponibilizado por colaboradores do Arduino, que possui tanto *software* quanto *hardware* livres. O código que dará o comando para a contagem de tempo da queda livre da bolinha é mostrado na Figura 4.

```
1  /*****
2  *      Código para estimar a aceleração da Gravidade      *
3  *****/
4  int sensorSUP = A4;
5  int sensorINF = A2;
6  int estadoSUP;
7
8  unsigned long startTime;
9  unsigned long stopTime;
10
11 void setup() {
12   Serial.begin(9600);
13   pinMode (sensorSUP, INPUT);
14   pinMode (sensorINF, INPUT);
15   estadoSUP = 1 ;
16   Serial.println("Pronto para medir o tempo de queda");
17   Serial.println(" ");
18 }
19 void loop()
20 {
21   if (digitalRead(sensorSUP) == LOW &&(digitalRead(sensorINF))
22       == LOW && estadoSUP == 1)
23   {
24     startTime = millis();
25     Serial.print(" Início da medida ---");
26     Serial.print("Esfera caindo... Contando tempo...\n");
27     estadoSUP = 0;
28   }
29   if (digitalRead(sensorINF) == HIGH && (digitalRead(sensorSUP)
30       ) == LOW)
31   {
32     estadoSUP = 1;
33     stopTime = ( millis() - startTime);
34     Serial.print("Tempo de queda = ");
35     Serial.print(stopTime);
36     Serial.print(" milisegundos (ms)\n");
37     delay(10000);
38     Serial.println("Pronto para próxima medida");
39   }
40 }
```

Figura 4: Código fonte do experimento. Fonte: Elaboração própria.

É de extrema importância a verificação do código e conexão das portas da placa Arduino, lembrando de verificar a polaridade dos pinos dos sensores e encaixe dos fios nas portas 5,0V e GND.

### Resultados Experimentais

Após a coleta de dados do experimento de queda livre, pode-se calcular a aceleração da gravidade manipulando, que descreve a altura em função do tempo de queda de uma esfera abandonada do repouso, inicialmente analisamos os parâmetros pela Equação 2:

$$y = y_0 + v_0 t + g \frac{t^2}{2} \quad (2)$$

Podemos transformar essa equação em uma equação mais simples, para tanto consideramos a altura inicial  $y_0 = 0m$  e, sabendo que a esfera foi abandonada a partir do repouso, sabemos também que  $v_0 = 0$  m/s, então simplificando a Equação 2 e isolando para  $g$ , temos a Equação 3:

$$g = \frac{2y}{t^2} \quad (3)$$

Em que  $y$  é o espaço vertical percorrido pela esfera e  $t$  corresponde ao intervalo de tempo de queda livre da esfera do topo à base.

Para realização dos testes com o protótipo, utilizamos uma régua para obter diretamente a medida entre o sensor superior e inferior. O valor obtido foi de  $y = 26,4cm$ . Com esse valor, realizamos doze medidas consecutivas. As medidas foram realizadas deixando a esfera cair, a partir do repouso, sempre a partir da altura do sensor superior. A Tabela 1 mostra os valores de tempo de queda obtidos:

Tabela 1: Valores de tempo obtidos no teste do protótipo. Fonte: Elaboração própria.

Medida	Tempo (s)	Medida	Tempo (s)	Medida	Tempo (s)
1	0,236	5	0,233	9	0,226
2	0,253	6	0,238	10	0,248
3	0,245	7	0,253	11	0,231
4	0,225	8	0,242	12	0,235

Analisando os valores obtidos na Tabela 1, podemos perceber que nossos testes indicaram valor de desvio padrão de 0,01s, bem como um erro padrão da média de 0,003s. A variação dos tempos observada na Tabela 1 pode ser explicada por uma fonte de erros inerente ao experimento, a dimensão do objeto. Uma vez que o princípio de funcionamento do sensor se baseia na emissão e recepção de luz infravermelha, o obstáculo deve ser grande o suficiente para bloquear a recepção ao passar em frente ao LED, entretanto sua dimensão também dificulta o posicionamento sempre exatamente na mesma posição. Os valores de tempo obtidos resultaram em uma média de tempo de  $(0,239 \pm 0,003)s$ . Como o valor da gravidade, conforme mostrado na Equação 3, depende do inverso do quadrado do tempo  $t$ , devemos calcular separadamente cada valor de  $g$  para cada medida, uma vez que, através da propagação de erro, o valor de erro será ainda maior para o parâmetro  $g$ .

Dessa forma, utilizando o valor de tempo obtido em cada medida da Tabela 1, juntamente com o parâmetro  $y = 0,264cm$ , podemos recorrer à Equação 2 para determinar os valores de  $g$  para cada medida, o resultado é mostrado na Tabela 2:

Tabela 2: Valores de  $g$  para cada medida. Fonte: Elaboração própria.

Medida	$g(m/s^2)$	Medida	$g(m/s^2)$	Medida	$g(m/s^2)$
1	9,48	5	9,73	9	10,34
2	8,25	6	9,32	10	8,58
3	8,80	7	8,25	11	9,89
4	10,43	8	9,02	12	9,56

A partir dos dados obtidos na Tabela 2 podemos determinar um desvio padrão de  $0,74m/s^2$ , e um erro padrão da média de  $0,21m/s^2$ . A média para o valor da aceleração da gravidade obtida a partir desses dados foi então de  $(9,30 \pm 0,21)m/s^2$ . Utilizando o valor de gravidade a nível do mar de  $9,79m/s^2$ , obtido no Observatório Nacional por Souza e Santos (2010), podemos determinar o desvio percentual relativo de nossa medida através da Equação 4:

$$\frac{|9,30-9,79|}{9,79} \times 100 \approx 5\% \quad (4)$$

O valor de comparação, obtido também a nível do mar e numa localização relativamente próxima do ambiente dos testes, apresenta uma diferença de 5% da média obtida pela utilização do protótipo. Acreditamos que, para propósitos didáticos, essa margem de erro é aceitável.

### Possibilidades do Aparato no Ensino de Física

Confirmada a funcionalidade do protótipo, e sua facilidade de obtenção de dados consistentes em várias repetições, podemos explorar tanto seu aspecto visual e matemático. A repetição do uso de uma metodologia é crucial para o aprendizado de alunos com DI. Segundo o documento de Atendimento Educacional Especializado, Deficiência Mental (BRASIL, 2007), o exercício da atividade cognitiva ocorrerá a partir do momento em que o aluno for incentivado a se expressar, pesquisar, inventar hipóteses e reinventar o conhecimento livremente. A experimentação deve fazer parte do cotidiano desse aluno, pois este tipo de prática pode contribuir para estratégias pedagógicas com a utilização de tecnologias educacionais (GALVÃO FILHO, 2016) promovendo a inclusão em sala de aula e diminuindo a discriminação.

A Física ainda é vista por muitos alunos como uma disciplina complexa e abstrata causando um bloqueio na aprendizagem. Isso pode ocorrer a alunos com e sem DI. Portanto, esta proposta sugere o ensino da gravidade com um experimento simples de Arduino, no qual haja uma interação com o aparato e integração entre a turma. Uma vez que o experimento aborda o aspecto fenomenológico e matemático, o professor pode se beneficiar dessa prática para, enquanto demonstra repetidas vezes o fenômeno e explica sobre ele, coleta dados para trabalhar a parte matemática da queda livre.

Vale ressaltar aqui que (DIAS ALVES e RODRIGUES, 2019) afirmam que a repetição de uma demonstração experimental, por várias vezes, pode criar com maior facilidade, no aluno com DI, o reconhecimento do padrão de comportamento que facilitará o aprendizado. Essa característica em especial pode ser encontrada em nosso trabalho visto que, como mostrado na seção anterior, os dados obtidos pela repetição do experimento são consistentes, reforçando a obtenção do valor de  $g$  e mostrando a coerência da experimentação.

Trabalhos (DIAS ALVES e RODRIGUES, 2019) mostram que estratégias de ensino contendo elementos práticos, experimentos, atividades lúdicas, apresentam uma grande potencialidade no que diz respeito

à retenção da atenção do aluno com DI. Nesse sentido, a maquete da queda livre, com formato propositalmente familiar de um prédio, tem uma intenção de relacionar o fenômeno físico às representações presentes na estrutura cognitiva dos alunos.

A interação e integração podem surgir também através da coleta de dados durante a atividade, pois tanto o aluno com DI quanto o sem necessitam de recursos facilitadores para a compreensão dos conteúdos de Física. Atividades experimentais auxiliam na contextualização permitindo o aprendizado de saberes científicos voltados à compreensão de fatos do cotidiano (SILVA e DUARTE, 2018).

Ao utilizar uma prática como essa, o professor permite que alunos com e sem DI interajam com a esfera, mudem a altura da qual a esfera irá cair, ou usem um display ou o compilador do código para visualizar os tempos de queda do objeto e compartilhar suas opiniões e ideias para solucionar problemas e dúvidas que podem surgir durante a atividade.

### **Considerações Finais**

O contato de alunos com e sem DI com o ensino de Física a partir da experimentação é justificada pela interação gerando motivação e interesse pelo estudo da gravidade, como visto na literatura. Também nossos resultados caminham nesse sentido, visto que a própria presença de um aparato experimental em sala de aula já melhora a motivação dos alunos.

Como visto na literatura trazida ao longo do texto nosso aparato experimental apresenta grande potencial para o aluno com DI, pois para esses alunos as atividades necessitam ser repetidas várias vezes para propiciar o aprendizado. A consistência dos dados, obtidos pela repetição do experimento e mostradas numericamente ao longo do artigo, consolidam o experimento como potencialmente significativo ao aluno.

Estudar a aceleração da gravidade vai muito além do que apenas compreender que existe uma atração entre os corpos, mas da relação desta com o surgimento do Universo e do nosso sistema solar. Embora seja um instrumento simples de medição, este pode abrir caminhos para discutir os processos da Ciência envolvidos e a importância de estudar Física.

Para finalizar entendemos que existe um longo caminho a ser trilhado no que se refere à inclusão, entretanto acreditamos também que são as pequenas contribuições de experiências somadas que fazem a diferença no quadro geral do ensino.

### **Referências**

ADMIRAL, T. D.; JÚNIOR, E. R.; LINHARES, M. P. **Utilização de Arduino como motivador no ensino de física para alunos de graduação em matemática**. Revista Espacios. Vol. 39, nº 52, Ano 2018. Pág. 15.

ADMIRAL, T. D. **Experimento de difração luminosa utilizando coleta de dados totalmente automatizada por Arduino**. Revista Brasileira de Ensino de Física. V.42, São Paulo, 2020.

ADMIRAL, Tiago Destéffani; CUNHA, I. S; CARMO, Lucas Poubel Timm. Proposta didática utilizando Arduino para medição experimental da gravidade para alunos com e sem deficiência intelectual.

ALVES, A. G.; HOSTINS, R. C. L. **Desenvolvimento da imaginação e da criatividade por meio de design de games por crianças na escola inclusiva.** Revista Brasileira de Educação Especial. Bauru, v.25, n.1, p.17-36, 2019.

ARAÚJO, B. S; PAIVA, F. F. **Ondas estacionárias utilizando o arduino.** XVII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, EPEF, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Formação Continuada a Distância de Professores para o Atendimento Educacional Especializado – Deficiência Visual.** Brasília, Ministério da Educação, 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Lei de Diretrizes e Bases.** Brasília, Ministério da Educação, 1996.

BRASIL, Secretaria de Educação Especial. Ministério da Educação. **Política Nacional de Educação Especial na perspectiva da Educação Inclusiva.** Brasília, janeiro de 2014.

COZENDEY, S. et al. **Modelo experimental para o ensino das fases da Lua aos indivíduos com e sem deficiência visual.** 19º Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2011.

CORDOVA et al. **Audiotermômetro: um termômetro para a inclusão de estudantes com deficiência visual.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 2, e2505, 2018.

DIAS ALVES, M; RODRIGUES, P. A. **A educação em ciências e a inclusão de alunos com deficiência intelectual: entraves no ensino de física.** Revista Brasileira de Psicologia e Educação. Araraquara, v. 21, n. 2, p. 374-386, jul./dez. 2019.

GALVÃO FILHO, T. **Deficiência intelectual e tecnologias no contexto da escola inclusiva.** In: GOMES, Cristina (org.). *Discriminação e racismo nas Américas: um problema de justiça, equidade e direitos humanos.* Curitiba: CRV, 2016, p. 305-321. ISBN: 978-85-444-1214-5.

GUAITOLINI JUNIOR et al, J. T. **Avaliação do módulo da aceleração da gravidade com Arduino.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 2, p. 619-640, ago. 2016.

GUIMARÃES, Vinícius Santos et. al. **Um ambiente para as práticas laboratoriais de física: Estudo do pêndulo matemático.** Revista Brasileira de informática na Educação. v. 21, n. 02, p.78, 2013.

LIMA et al. **Tutorial de experimento de física com arduino.** XVI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. EPEF, Natal, 2016.

M. A. de Souza e A. A. dos Santos **Absolute gravimetry on the Agulhas Negras calibration line,** Revista Brasileira de Geofísica. 28, p. 165, 2010.

MALAQUIAS et al. **Virtual Mat: um ambiente virtual de apoio ao ensino de matemática para alunos com Deficiência Intelectual.** Revista Brasileira de Informática na Educação, Volume 20, Número 2, 2012.

MCRBERTS, M. **Arduino básico** [tradução Rafael Zanolli]. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

**Ensino em Foco,** Salvador, v.3, n. 7, p.35-48, dez. 2020.

ADMIRAL, Tiago Destéffani; CUNHA, I. S; CARMO, Lucas Poubel Timm. Proposta didática utilizando Arduino para medição experimental da gravidade para alunos com e sem deficiência intelectual.

OLIVEIRA, R. M.; RAMOS, R. C.; SILVA, D. A. **Sensores de baixo custo para ensino de física.** XVII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, EPEF, 2018.

SÁNCHEZ, J. (2016) Editor. **Nuevas Ideas en Informática Educativa**, Volumen 12, p. 579 - 584. Santiago de Chile.

SANTOS, A. M; CARVALHO, P. S. e ALECRIM, J. L. **O ensino de Física para jovens com deficiência intelectual: uma proposta para facilitar a inclusão na Escola Regular.** Revista Educação Especial, v. 32, 2019. Santa Maria.

SCHMIDT, D. G. e ARAÚJO, W. R. B. **Concepções espontâneas sobre a educação de jovens e adultos e a Física térmica: um ensaio experimental com o ensino participativo para alunos com deficiências.** XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física, SNEF, 2015.

SILVA, W. V e DUARTE, M. O. **Ensino de Física e atividades experimentais em sala de aula: algumas considerações.** Congresso Internacional de Educação e Tecnologias – Encontro de Pesquisadores em Educação à Distância, 2018.

VIANA, F. R.; GOMES, A. L. L. **A produção escrita de pessoas com deficiência intelectual na interação com as tecnologias digitais da informação e comunicação.** Revista Educação Especial | v. 30 | n. 58 | p. 297-312 | maio/ago. 2017.