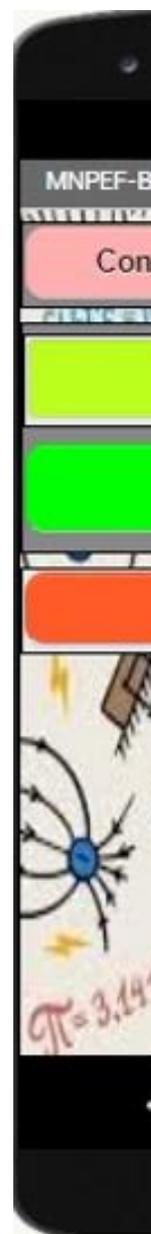


UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 58

MARIA PAULA DE MORAIS SILVA

PRODUTO EDUCACIONAL

**UM APARATO EXPERIMENTAL PARA A DETERMI-
NAÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK UTILIZANDO
O ARDUINO E O MIT APP INVENTOR**



Recife
2024

MARIA PAULA DE MORAIS SILVA

UM APARATO EXPERIMENTAL PARA A DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE
PLANCK UTILIZANDO O ARDUINO E O MIT APP INVENTOR

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: CONECTIVIDADE E INTERATIVIDADE NO ESTUDO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA PARA A DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK UTILIZANDO ARDUÍNO E O MIT APP INVENTOR, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 58 – UFRPE /Recife-PE, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores:

Professora Dra. Ana Paula Teixeira Bruno Silva

Professor Dr. Jairo Ricardo Rocha de Oliveira

Recife
2024

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 CONCEITOS, METODOLOGIAS E PRÁTICA EXPERIMENTAL.....	7
2.1 Metodologias ativas de aprendizagem: modelos híbridos e sala de aula invertida	7
2.1.1 Ensino híbrido	8
2.1.2 Sala de Aula Invertida (<i>Flipped Classroom</i>).....	9
2.2 Arduino Uno	11
2.2.1 Alimentação.....	12
2.2.2 Pinos digitais	13
2.2.3 Pinos analógicos	13
2.2.4 Arduino IDE	13
2.2.5 Linguagem de programação do IDE.....	17
2.2.5.1 Funções	17
2.3 Componentes eletrônicos.....	22
2.4 MIT App Inventor	27
2.4.1 Design do aplicativo MNPEF_Blue_Lab_1_2.....	33
2.4.2 Programação em blocos do aplicativo MNPEF_Blue_Lab_1_2.....	35
3 METODOLOGIA.....	39
3.1 Montagem do experimento.....	40
3.1.1 Programação do Arduino IDE	43
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS	51

APRESENTAÇÃO

Caro professor(a),

Este produto educacional é um manual que traz uma proposta metodológica ativa, utilizando o modelo de ensino híbrido Sala de Aula Invertida, e um aparato experimental, podendo ser aplicado no 3º ano do ensino médio, ou em outras séries, com foco nos conceitos, sem uma preocupação maior nas equações estrondosas da área. O objetivo deste trabalho é mostrar a metodologia proposta e a construção de um experimento que inclui componentes eletrônicos, Arduino Uno e o sensor *bluetooth* HC-05, com o intuito de calcular a constante de Planck. Esta proposta foi objeto de pesquisa do programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), do polo 58, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

As aulas foram programadas e aplicadas para uma turma de 3º ano do Ensino Médio, distribuídas em 6 encontros, de 50 minutos cada.

O circuito elétrico, a programação do Arduino e o aplicativo desenvolvido serão disponibilizados mais adiante, com possibilidade de mudanças para uma possível melhoria. O sensor HC-05 servirá para o aluno fazer uma conexão via *bluetooth* ao seu telefone celular, que junto a um aplicativo criado, no *MIT App Inventor*, o aluno consiga dados importantes para o cálculo da constante de Planck. A montagem e programação deste aparato experimental estarão mais detalhados nos próximos capítulos, assim como todos os componentes necessários e suas conexões.

1 INTRODUÇÃO

É pertinente refletir em como o Ensino de Física (EF) é desenvolvido nas escolas, a fim de melhorar e ampliar o aprendizado dos alunos, modificando metodologias e recursos, de acordo com a realidade de cada um deles. Não é uma ideia nova pensar que as aulas de Física ainda persistem em ser ministradas de forma engessadas, tradicionais, limitadas a cálculos matemáticos. Diante desses fatos, a diversificação de métodos e técnicas utilizados durante o processo de ensino e aprendizagem podem constituir estratégias fundamentais para colocar o aluno como o protagonista na construção do conhecimento.

Na atualidade existem diversos métodos que buscam fugir do tradicional de modo a efetivar a aprendizagem, a saber, destaca-se neste trabalho, a Sala de Aula Invertida. No que concerne a isto, Filatro e Cavalcanti (2023), apontam a Sala de Aula Invertida como uma possibilidade de estratégia viável para o professor utilizá-la, onde os alunos estudam os conteúdos em casa e preparam-se para tirar dúvidas na sala de aula junto aos demais, tendo o professor como um orientador.

Além dessa visão global sobre como a Física pode se tornar mais atrativa para os estudantes, a integração da tecnologia na sala de aula pode estimular os alunos de forma a potencializar a construção de novos conhecimentos. Além do mais essa inserção tecnológica, acarreta em uma compreensão mais simples e acessível, permitindo que a teoria se conecte com a prática, trazendo resultados expressivos para o processo educativo (Souza; Souza, 2013).

Destarte, a inclusão de dispositivos tecnológicos que fazem parte da realidade dos alunos – como celular e computador – nas aulas de Física, destacam-se ainda mais quando consideramos que a geração atual está introduzida nesse mundo. Assim, entende-se que o ensino da Física precisa utilizar desses materiais e propor ao aluno situações em que o faça refletir e solucionar problemas que estão presentes no seu mundo e, como consequência, uma aprendizagem que faça sentido para sua vida. Diante disso, o aluno ao perceber que determinado conteúdo visto em sala de aula faz parte de seu cotidiano, surge a consolidação do aprendizado.

Nesse sentido, é um pouco difícil falar na integração desses aparatos em sala de aula sem afirmar que o fundamento de toda tecnologia que utilizamos hoje deriva de conceitos advindos da FMC. Nesta acepção, aparelhos celulares, sensores diversos,

microprocessadores, tecnologias avançadas na medicina, são evidências claras da importância de trazer essa Física para as salas de aulas de nossos estudantes.

Mediante a isto, a inclusão de temas relacionados a FMC no EM inclui, sobretudo, inclui o objetivo de despertar o interesse dos alunos pelos avanços tecnológicos presentes em seu dia a dia, principalmente com o auxílio de materiais de pesquisas atuais. Logo, isso permite que os alunos reflitam e avaliem de forma consciente o impacto que essas tecnologias trazem para a sociedade. E, apesar dos debates recentes enfatizarem a aproximação da escola na vida dos alunos, é praticamente impensável ensinar Física sem incluir os conteúdos relacionados à FMC.

Unindo essas ideias, o objetivo foi propor um produto educacional, proposta metodológica, utilizando o modelo de ensino híbrido, Sala de Aula Invertida, com o uso de um aparato experimental para contribuir no processo de ensino e aprendizagem de conceitos da Física Moderna e Contemporânea na determinação da constante de Planck e utilizando tecnologias acessíveis.

O Arduino é um microprocessador de fácil uso tanto para professores quanto para alunos. Como uma plataforma eletrônica de código aberto, ela é baseada em hardware e software acessíveis e possui um custo relativamente baixo. No âmbito escolar, essa ferramenta pode ser empregada em experimentos para demonstrar princípios físicos, fazendo uma relação direta da prática com a teoria (Moreira *et al.*, 2018).

Além do Arduino, outra ferramenta tecnológica que pode ser utilizada nas práticas pedagógicas é o *MIT App Inventor*. O desenvolvimento do *MIT App Inventor* veio de uma parceria entre o Instituto de Tecnologia de Massachusetts e a *Google*, com o objetivo de tornar o processo de implementação de algoritmos e programação mais acessível, de modo que crianças e adolescentes possam ter maior acesso e facilidade de uso (Lara, 2015).

Apresentaremos, a seguir, a proposta metodológica e um roteiro do aparato experimental, contextualizando a plataforma Arduino e o *MIT App Inventor*, para melhor orientação.

2 CONCEITOS, METODOLOGIAS E PRÁTICA EXPERIMENTAL

Iremos apresentar os conceitos teóricos acerca do modelo do ensino híbrido Sala de Aula Invertida; o funcionamento da plataforma Arduino, os componentes eletrônicos utilizados, o *MIT App Inventor* e o roteiro experimental utilizado em sala de aula.

2.1 Metodologias ativas de aprendizagem: modelos híbridos e sala de aula invertida

As demandas da educação atual exigem que o professor se atualize ainda mais nas estratégias didáticas em sala de aula. A forma tradicional costuma não funcionar mais, os estudantes encontram-se numa época que não dá para mantê-los passivos para aprender algo. Discussões nesse sentido já não são tão atuais, de acordo com Bacich, Tanzi Neto e Trevisani (2015), as crianças e jovens estão cada vez mais integrados às tecnologias digitais, formando uma geração que desenvolve novas formas de relacionamento com o conhecimento e, por isso, exige que mudanças ocorram na escola.

Diante dessa necessidade, a diversificação de métodos e técnicas utilizados durante o processo de ensino e aprendizagem podem constituir estratégias fundamentais para colocar o aluno como o protagonista na construção do conhecimento. Nesse sentido, as metodologias ativas de aprendizagem têm potencial para contribuir para um ensino mais criativo e inovador.

Nessa visão, consideramos para a aplicação do nosso produto educacional, as metodologias ativas, com foco na Sala de Aula Invertida. Assim, destacamos algumas concepções de pesquisadores sobre os métodos ativos de aprendizagem.

Para Studart (2019), metodologias ativas são aquelas em que, durante o processo de ensino, os alunos se envolvem de forma ativa, em vez de apenas ouvir passivamente o professor. Essa definição ainda pode ser acrescentada a ideia de Bacich e Moran (2018, p. 27):

As metodologias ativas constituem alternativas pedagógicas que colocam o foco do processo de ensino e de aprendizagem no aprendiz, envolvendo-o na aprendizagem por descoberta, investigação ou resolução de problemas. Essas metodologias contrastam com a abordagem pedagógica do ensino tradicional centrado no professor, que é quem transmite a informação aos alunos. No entanto, a proposta de um ensino menos centrado no professor não é nova (Bacich; Moran, 2018, p. 27).

É nessa perspectiva que se insere o método ativo, entendido como sinônimo de metodologias ativas, uma possibilidade de deslocar o foco do docente (ensino) para o estudante (aprendizagem), ao considerar a educação como um processo que não é realizado por outra pessoa ou apenas pelo próprio indivíduo, mas que se concretiza na interação entre sujeitos históricos por meio de suas palavras, ações e reflexões, fazendo uma conexão com as ideias de Vygotsky (Steinert; Hardoim, 2019).

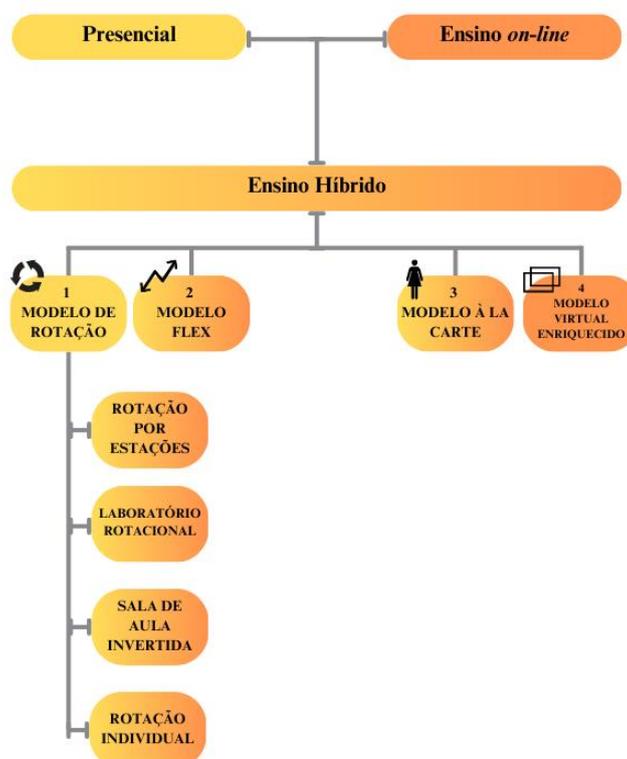
Diante das ideias apresentadas, concordamos que é possível uni-las com o propósito de contribuir com o processo de ensino e aprendizagem, utilizando em sala de aula metodologias inovadoras, com o uso de tecnologias digitais, que possibilitam a personalização da aprendizagem, trazem o estudante para mais perto do interesse em aprender algo novo, bem como oportunizam novas descobertas. Nesse sentido, o ensino híbrido pode propiciar um conjunto de estratégias didáticas para utilização no contexto escolar.

2.1.1 Ensino híbrido

A expressão “ensino híbrido” está fundamentada no conceito de educação híbrida, onde não há uma única maneira de aprender e a aprendizagem é vista como um processo contínuo que se desenvolve de diversas maneiras e em variados espaços (Bacich; Tanzi Neto; Trevisani, 2015).

O ensino híbrido dá a possibilidade, de acordo com Bacich, Tanzi Neto e Trevisani (2015), de aproveitar “o melhor dos dois mundos”. Esses autores estão se referindo ao uso unificado de tecnologias digitais, sem abandonar o que já é conhecido pelos alunos, com aulas dentro de salas, sem restrição ao ritmo de sala de aula presencial etc. Existem algumas propostas desse tipo de ensino, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Modelos de ensino híbrido.



Fonte: Adaptado de Horn, Staker e Christensen (2015, p. 38).

Para cada modelo mostrado na Figura 1, existem aspectos que ao acontecer em sala de aula, conseguimos reconhecer o modelo escolhido, a partir das especificações dos mesmos, com base nessas ideias, escolhemos o modelo Sala de Aula Invertida para aplicação do produto educacional.

- *Sala de Aula Invertida*: o aluno estuda previamente, e na aula os alunos tiram dúvidas, fazem discussões e atividades práticas mediadas pelo professor (Bacich; Moran, 2018).

2.1.2 Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*)

Dentre as diversas opções de métodos ativos de aprendizagem, a Sala de Aula Invertida (SAI), traduzida do inglês *Flipped Classroom*, identificamos que seria a que mais se adequava a nossa realidade escolar e também se tornava uma possibilidade de atualização para as aulas de Física.

A SAI é defendida como aquilo que é de costume ser feito na sala de aula passa a ser realizado em casa, e o que normalmente é passado como tarefa de casa agora é apenas complementado em sala (Bergmann; Sams, 2016). Além disso, a SAI oferece abertura para ser combinada com outras metodologias ativas para que o aluno possa ser mais engajado no processo de ensino e aprendizagem.

Na Figura 2 construímos um esquema que pode ser resumido sobre a SAI.

Figura 2 - Esquema sobre a Sala de Aula Invertida.



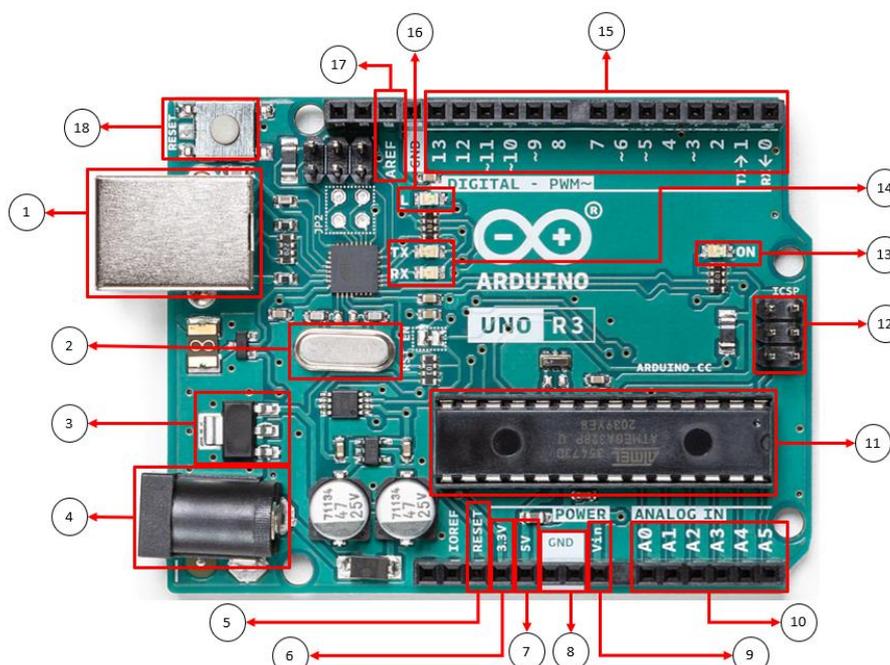
Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Vimos que a Sala de Aula Invertida possui muitos fatores atrativos para abordagem em sala de aula. Porém, cada professor precisa conhecer bem a metodologia que irá utilizar e avaliar se sua realidade se adequa para seu uso.

2.2 Arduino Uno

O nome Arduino vem de um bar em Ivrea, na Itália, onde alguns dos fundadores do projeto se reuniram. Enquanto, o termo UNO foi originado no idioma italiano e significa “um”. Esse nome foi escolhido para denominação devido ao lançamento da versão 1.0 do software Arduino. Anterior a essa versão, existiam outras, por exemplo, Serial, NG, Diecimila e Duemilanove. A Figura 3 apresenta em detalhes as partes de um Arduino UNO:

Figura 3 - Arduino UNO R3



Fonte: Indicação dos componentes elaborado pela autora (2024).

A Quadro 1 exhibe o que cada número indicado na Figura 3 significa.

Quadro 1 - Partes de um Arduino UNO.

Numeração	Descrição	Função
1	Conector USB	Permite comunicação com um computador via cabo USB.
2	Oscilador de cristal de 16 MHz	Temporizador do sistema.
3	Regulador de tensão	Estabiliza as tensões DC em toda a placa.
4	Conector de alimentação	Entrada de tensão (7V a 12V DC).
5	Pino de reset da placa	Reinicia a placa com botão externo.
6	Pino de 3,3V	Fornece 3,3V saída.
7	Pino de 5V	Fornece 5V de saída.

8	Pino GND (Ground)	Pino terra e de retorno de corrente.
9	Pino Vin	Entrada de tensão por fonte de energia externa AC.
10	Pinos analógicos de A0 a A5.	
11	Microcontrolador da placa	No Arduino Uno é ATmega328P.
12	Pino ICSP	Usado para transferir programas/firmwares e também para executar tarefas administrativas.
13	LED indicador	Indica que a placa está ligada corretamente.
14	LEDs TX e RX	O LED TX pisca enquanto envia os dados seriais. O LED RX pisca durante o processo de recebimento.
15	Pinos digitais	A placa Arduino Uno possui 14 pinos de entrada e saída digitais.
16	LED built-in	Conectado geralmente ao pino digital 13.
17	Pino AREF	Define uma tensão de referência externa (entre 0 e 5V) como o limite superior para os pinos de entrada analógica.
18	Botão de reset da placa	Reinicia a placa.

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Algumas informações são importantes, principalmente quando não se conhece o funcionamento da placa, são elas:

- Não conectar o Arduino a uma fonte de tensão maior que 12V, pois pode danificá-lo. O computador já estabelece automaticamente uma tensão segura para o funcionamento do Arduino.
- Os pinos analógicos trabalham com tensões que variam de 0V a 5V.
- Os pinos digitais trabalham com os valores de tensão 0V para desligado e 5V para ligado.

2.2.1 Alimentação

De acordo com Nussey (2019), os pinos GND (abreviação de *GROUND*, que em inglês significa terra), que são pinos terra, servem para fechar os circuitos. São três deles na placa, onde dois deles ficam lado a lado na parte inferior e o terceiro fica ao lado do pino 13, como mostrado na Figura 3. O pino *Vin*, tem significado entrada de tensão, e pode ser usado para fornecer uma tensão igual a tensão dada pelo conector externo.

2.2.2 Pinos digitais

O Arduino UNO possui 14 pinos digitais, de 0 a 13, que podem desempenhar como entrada (luz em um sensor, um dedo em um botão) e saída (ativando um motor, ligando um LED) digital, sendo que cada um oferece cinco volts de tensão quando ligadas e zero volts, quando desligadas, em que cada um cede ou recebe uma corrente elétrica de 40 mA (Bandeira, 2017; Macêdo; Faria, 2021; Leite, 2018).

Os pinos 3, 5, 7, 9, 10 e 11 funcionam com a função PWM (*Pulse-Width-Modulation*), com tradução igual a modulação por largura de pulso e, é uma opção utilizada para ceder um nível de tensão de forma eficiente em algum ponto entre a fonte e o GND. Os pinos 0 e 1 têm a função de enviar dados ao computador através do TX e RX, para transmissão e recepção. Os pinos 2 e 3 têm a possibilidade de fazer interrupções externas (Bandeira, 2017; Rodrigues; Cunha, 2014; Warren; Adams; Molle, 2019).

2.2.3 Pinos analógicos

Enquanto as portas digitais funcionam com situações como sim ou não, ligado ou desligado, zero volts ou cinco volts, existem as portas analógicas, de A0 a A5, que podem analisar circuitos com tensões que podem estar entre zero volts ou cinco volts, por exemplo, dois volts, 3,4V, 4,6V, podendo enviar informações a um computador a todo momento, através de sensores e que também é possível acompanhar essas informações pelo serial monitor (Rodrigues; Cunha, 2014; Warren; Adams; Molle, 2019).

2.2.4 Arduino IDE

Para utilizar o Arduino e todas suas funcionalidades, é preciso inicialmente enviar códigos para ele. Para tanto, é necessário fazer o *download* da plataforma operacional Arduino IDE (Ambiente Integrado de Desenvolvimento), um software livre disponível para diferentes sistemas operacionais como, *Windows*, *Mac OS*, *Linux*, em sua página oficial (Guedes, 2018), destacamos que utilizamos a versão 1.8.19 do Arduino IDE, apresentada na Figura 4:

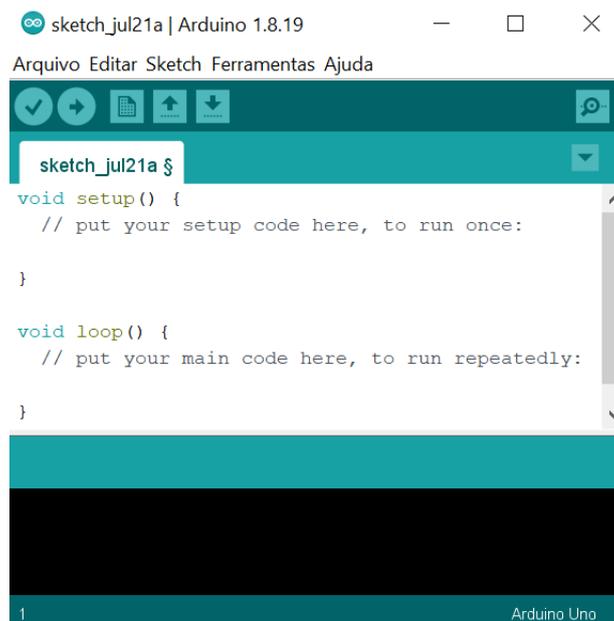
Figura 4 - Página correspondente a instalação do Arduino IDE.



Fonte: Print screen do Arduino.cc (2024).

Escolhemos o sistema operacional e após instalação, é possível escrever um conjunto de instruções baseadas em código C, como falado anteriormente, e são chamados de *sketches* ou *script*, que tem como tradução esboço ou rascunho. Na Figura 5 é apresentada a primeira página do Arduino IDE depois de instalado.

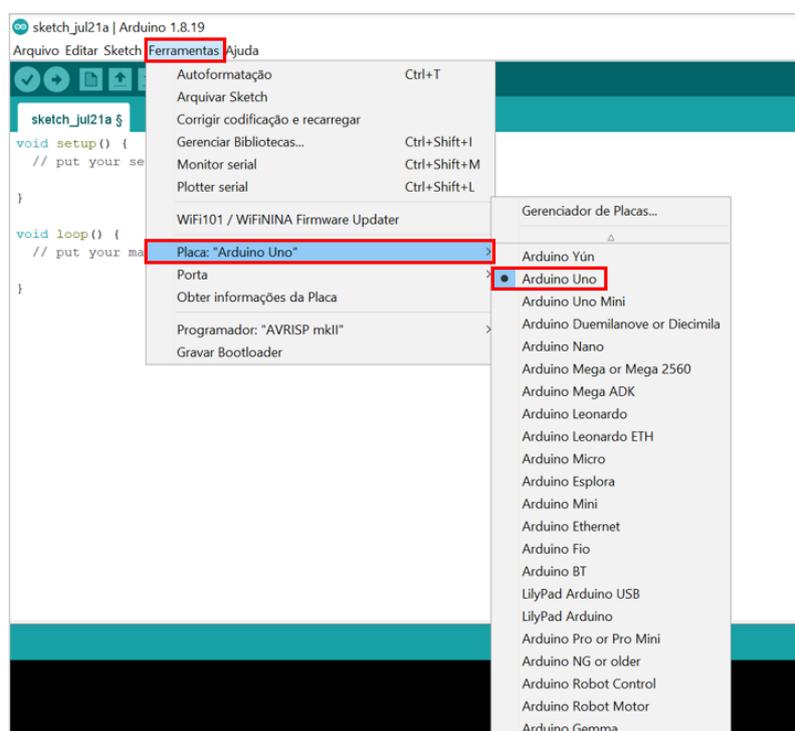
Figura 5 - Página inicial do Arduino IDE após instalação no computador.



Fonte: Print screen do Arduino IDE (2024).

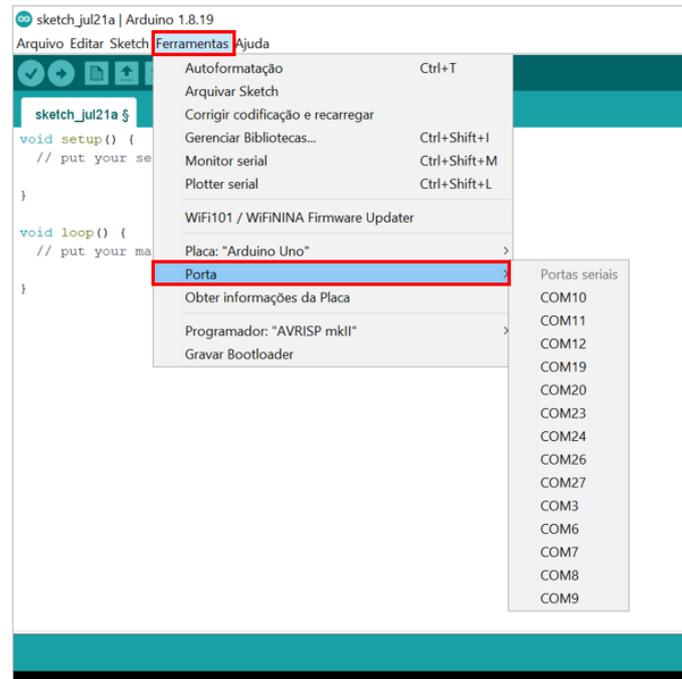
Assim que o programa ficar pronto, de acordo com os códigos organizados da forma correta, é necessário ir ao menu + ferramentas + selecionar a placa utilizada; depois menu + ferramentas + selecionar a porta USB conectada no computador e, por fim, menu + rascunho + fazer o *upload* direto para a placa através de um cabo USB (Bandeira, 2017), a sequência demonstrada na Figura 6:

Figura 6 - Escolhendo a placa no Arduino IDE.



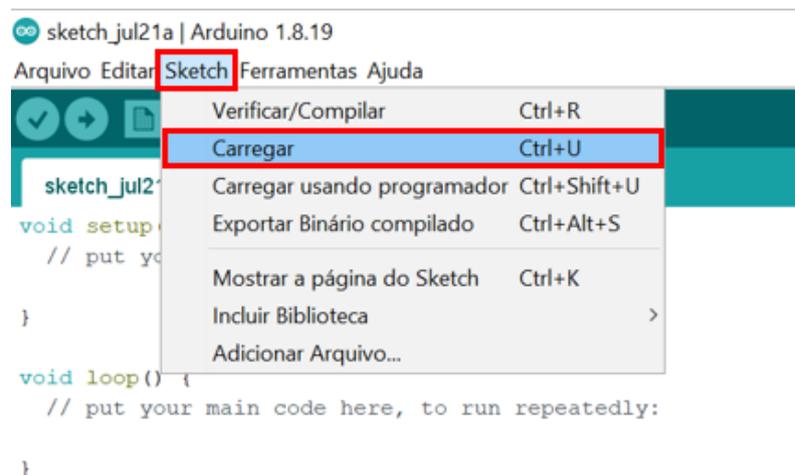
Fonte: *Print screen* do Arduino IDE (2024).

Em seguida, precisamos selecionar a porta USB detectada pelo computador, como mostra a Figura 7 a seguir.

Figura 7 - Detectando a porta USB no computador.

Fonte: Print screen do Arduino IDE (2024).

E para completar o processo de conexão entre a placa e o computador, é necessário enviar o código digitado como programador, assim como a Figura 8 encaminha.

Figura 8 - Enviando o código para a placa Arduino.

Fonte: Print screen do Arduino IDE (2024).

2.2.5 Linguagem de programação do IDE

A linguagem de programação compreendida pelo Arduino é na forma de códigos na língua inglesa, e que precisa seguir uma série de regras para que seja compilado de forma correta pela placa. A linguagem do tipo C++ é propícia para uso, pois é utilizada há bastante tempo e versátil (Nussey, 2019). Além disso, na internet existem muitas obras que ensinam o passo a passo como construir os programas para o Arduino.

2.2.5.1 Funções

Costuma-se chamar de “função”, um código que vai executar uma determinada tarefa que se deseja e, na maioria das vezes, que essa tarefa se repita em algum momento depois. Ao invés de escrever esse código mais de uma vez, usa-se uma função que faça isso com apenas um código (Nussey, 2019). A função também pode ser um conjunto de comandos que ficam agrupados em um bloco de indentação, e esse bloco deve iniciar com o símbolo de { e finalizar com }. Dessa forma, o programa entende que tudo que está entre esses dois símbolos faz parte da função escrita.

O sketch é o programa do Arduino formado por linhas de códigos. Inicialmente encontramos duas seções, como mostra a Figura 5, que são: *void setup* e *void loop*. Esses dois termos devem ser utilizados em todos os sketches, pois são pré-requisitos para se fazer upload do programa que se deseja que o Arduino execute. Sem eles, o *sketch* não será compilado (Nussey, 2019).

De acordo com Fernandes (2020), o *void setup()*, ou a função *setup()* é a primeira seção do *sketch* a ser executada e, será sempre apenas uma vez, não será mais repetida. Quando colocamos as palavras *void setup()*, percebemos que a coloração das palavras se modifica, pois trata-se de uma palavra reservada da biblioteca do Arduino, indicando que o Arduino IDE reconhece o código, como mostra a Figura 9.

Figura 9 - Cores das palavras `void setup()` no Arduino IDE.



The screenshot shows the Arduino IDE interface. At the top, it says 'sketch_jul21a | Arduino 1.8.19'. Below that are menu options: 'Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda'. A toolbar with icons for check, run, upload, and download is visible. The main editor area shows the following code:

```
sketch_jul21a $
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}
```

The text `void setup()` is highlighted with a red rectangular box.

Fonte: *Print screen* do Arduino IDE (2024).

Nussey (2019) traz a ideia de *loop* como uma função que é executada indefinidamente até o momento que a placa não esteja mais alimentada ou que o botão *reset* seja pressionado. Assim que digitamos `void loop()` no Arduino IDE, ele também modifica a cor das letras por também ser uma palavra reservada da biblioteca do Arduino, afirmando que reconhece com uma função, como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Cores das palavras `void loop()` no Arduino IDE.

```
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
```

The text `void loop()` is highlighted with a red rectangular box.

Fonte: *Print screen* do Arduino IDE (2024).

Quando queremos deixar um pequeno comentário entre um comando e outro, a fim de manter a organização do programa, devemos digitar “//” antes das palavras, podendo ser parte de uma linha ou uma linha inteira, a exemplo a Figura 11. A linguagem também pode ser qualquer uma, pois com as duas barras, o Arduino não consegue interpretar o que vem após.

Figura 11 - Comentário de até uma linha.

```
1
2 // A função de configuração é executada uma vez quando você pressiona Reset ou liga a placa
3
```

Fonte: *Print screen* do Arduino IDE (2024).

Caso o comentário seja mais extenso, mais de uma linha, iniciamos com o símbolo `/*` e finalizamos com `*/`, os dois exemplos mostrados na Figura 12 abaixo:

Figura 12 - Comentário extenso.

```

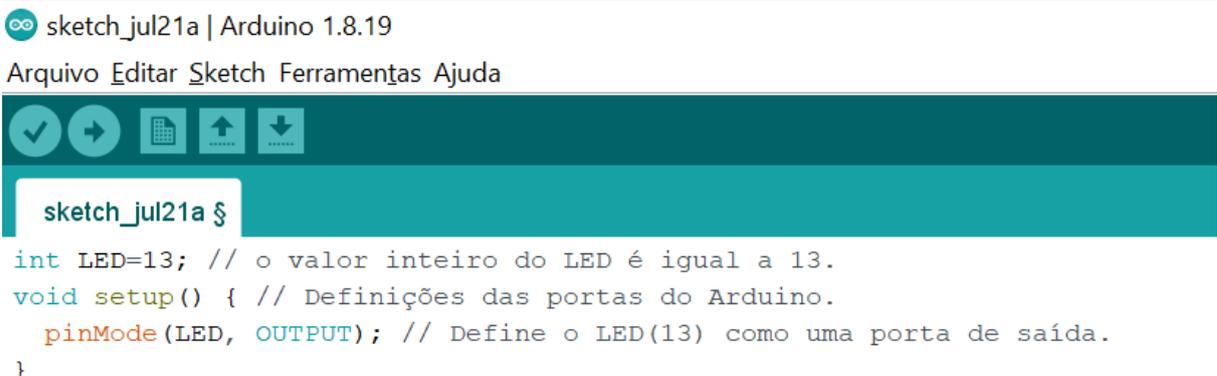
1  /*
2
3
4  Acende um LED por um segundo e, em seguida, desliga por um segundo, repetidamente.
5
6  A maioria dos Arduinos tem um LED integrado que você pode controlar. Sobre a ONU, MEGA e ZERO
7  Ele é anexado ao pino digital 13, no MKR1000 no pino 6. LED_BUILTIN está definido como
8  o pino LED correto, independentemente de qual placa é usada.
9  Se você quiser saber a qual pino o LED on-board está conectado no seu Arduino
10 modelo, confira as Especificações Técnicas da sua placa em:
11 https://www.arduino.cc/en/Main/Products
12
13
14 */

```

Fonte: *Print screen* do Arduino IDE (2024).

Temos também a função *pinMode* que configura o pino que se utiliza na placa Arduino para enviar um comando de entrada, chamado de *INPUT*, ou de saída, *OUTPUT*. Por exemplo, caso o interesse seja ligar um LED no pino 13, é preciso avisar a placa da forma correta. Antes disso, é necessário indicar ao Arduino uma variável, que para este caso, é afirmar em qual pino será encontrado o LED, indicada pelo comando *int*. Outra observação importante, é que a cada comando nas linhas, depois da variável *int* e do *pinMode*, é obrigatório o uso do ponto-vírgula, informando a placa que essa linha terminou após a pontuação, poderá vir mais outra informação, como mostra a Figura 13.

Figura 13 - Função *pinMode* no Arduino IDE.



The screenshot shows the Arduino IDE interface for a sketch named 'sketch_jul21a' on an Arduino 1.8.19 board. The menu bar includes 'Arquivo', 'Editar', 'Sketch', 'Ferramentas', and 'Ajuda'. Below the menu bar is a toolbar with icons for a checkmark, a right arrow, a document, an up arrow, and a down arrow. The main editor area shows the following code:

```

int LED=13; // o valor inteiro do LED é igual a 13.
void setup() { // Definições das portas do Arduino.
  pinMode(LED, OUTPUT); // Define o LED(13) como uma porta de saída.
}

```

Fonte: *Print screen* do Arduino IDE (2024).

De acordo com Nussey (2019), na função *loop*, utilizamos o *digitalWrite* que envia um valor digital para o pino escolhido, que no exemplo citado, é o 13. Se por acaso o objetivo do programa seja fazer um LED ficar piscando com intervalos de tempo de um segundo, precisamos acionar o comando do tempo, que chamamos de *delay*. Para isso, é necessário saber que o Arduino lê o tempo em milissegundos, ou seja, como o intervalo de tempo seja um segundo aceso e um segundo apagado, usamos o número 1000 para o *delay*.

Para acender o LED, o comando dado é *HIGH* e para apagar, *LOW*, traduzidos do inglês alto e baixo, respectivamente. Quando o LED se encontra no modo *HIGH*, está sendo enviado, aproximadamente, 5V de tensão, no modo *LOW*, aproximadamente, 0V. Assim, a sequência ficará: variável declarada no pino 13; configuração de um LED como saída de informação; e um *loop* fazendo o LED acender um segundo e apagar um segundo, como demonstrado na Figura 14.

Figura 14 - Programa para fazer um LED piscar com intervalo de tempo de um segundo.

```

sketch_jul21a | Arduino 1.8.19
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

sketch_jul21a §

int LED=13; // o valor inteiro do LED é igual a 13.
void setup() { // Definições das portas do Arduino.
  pinMode(LED, OUTPUT); // Define o LED(13) como uma porta de saída.
}

void loop() { //Corpo do programa.
  digitalWrite(LED, HIGH); // 5V ativado na porta digital 13.
  delay(1000); // Espera 1s.
  digitalWrite(LED, LOW); // 0V ativado na porta digital 13.
  delay(1000); // Espera 1s.
}

```

Fonte: *Print screen* do Arduino IDE (2024).

De acordo com Schaidler *et al.* (2018), o *digitalRead* é uma função que lê o pino digital utilizado, que é representado por *HIGH* ou *LOW*, e se por acaso o valor da carga do pino possua uma diferença de potencial maior que 3V, a função retorna a *HIGH*; caso

a leitura seja menor de 2V, a função retorna a *LOW*, como demonstra a programação da Figura 15, em que utilizamos a variável estado que irá receber a leitura digital do pino escolhido, o 7 por exemplo, que dependendo da resposta, irá realizar o código seguinte:

Figura 15 - Exemplo da função *digitalRead*.



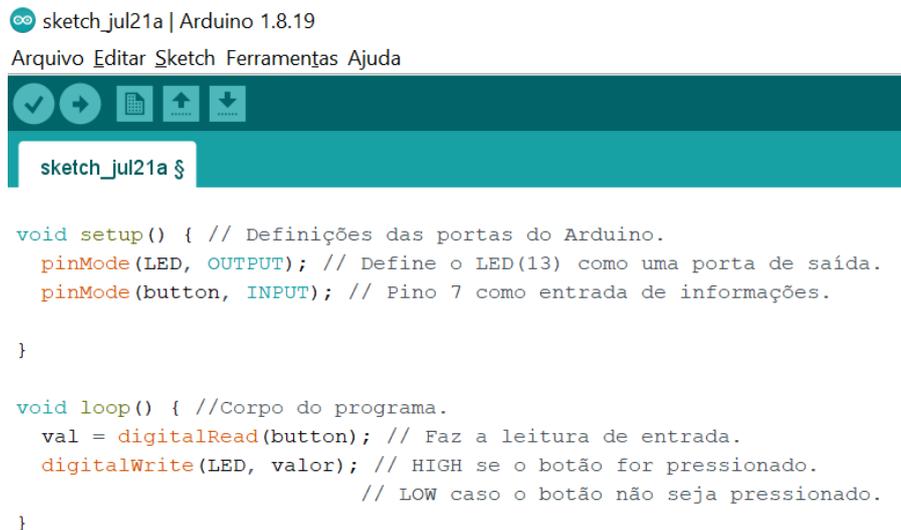
```
sketch_jul21a | Arduino 1.8.19
Arquivo Editar Sketch Ferramentas
sketch_jul21a §
estado = digitalRead(7);
if (estado == HIGH)
{
  // Fazer alguma ação.
}
```

Fonte: *Print screen* do Arduino IDE (2024).

O *if* serve para indicar se a condição colocada é verdadeira ou não, a condição deve estar entre parênteses e só pode ter dois resultados possíveis, que são: *true* (verdadeiro) ou *false* (falso) (Fernandes, 2020). Para Guedes (2018) o comando *if* examina uma expressão lógica e só executa o comando a seguir se o resultado se apresentar verdadeiro. Também podemos utilizar o comando *if else* que é para permitir muitas verificações de forma agrupada, que podem ser executados todos ao mesmo tempo.

Um exemplo de comando de entrada, *INPUT*, é com a utilização de um botão de pressão, chamado também de *push button*. A Figura 16 demonstra um exemplo em que utilizamos uma função *digitalRead()* que pode ligar ou desligar um LED, conforme um botão de pressão é acionado ou não:

Figura 16 - Exemplo de uma função *digitalRead()* com botão.



```

sketch_jul21a | Arduino 1.8.19
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

sketch_jul21a $

void setup() { // Definições das portas do Arduino.
  pinMode(LED, OUTPUT); // Define o LED(13) como uma porta de saída.
  pinMode(button, INPUT); // Pino 7 como entrada de informações.
}

void loop() { //Corpo do programa.
  val = digitalRead(button); // Faz a leitura de entrada.
  digitalWrite(LED, valor); // HIGH se o botão for pressionado.
                          // LOW caso o botão não seja pressionado.
}

```

Fonte: *Print screen* do Arduino IDE (2024).

A placa Arduino Uno utiliza dois pinos seriais, que são o pino RX, localizado no pino zero e é responsável pela recepção de dados externos e, TX, localizado no pino um e é responsável pela transmissão de dados. **É importante destacar que ao fazer um upload de algum programa para a placa, nenhum outro dispositivo deve estar conectado nos pinos zero e um, pois podem ocorrer interferências e causar falhas** (Fernandes, 2020).

Uma das funções mais utilizadas no Arduino é a *serial.begin()*, pois assim, conseguimos configurar a taxa de comunicação em bits por segundo (parâmetro *speed*), chamado para transmissão serial (Souza, 2014). De acordo com Guedes (2018), a velocidade padrão do Arduino Uno é igual a 9600. Temos a função *serial.write()* que escreve um *byte* ou séries de *bytes* na porta serial, ele imprime um valor recebido para algum dispositivo que você queira, computador, celular, etc.

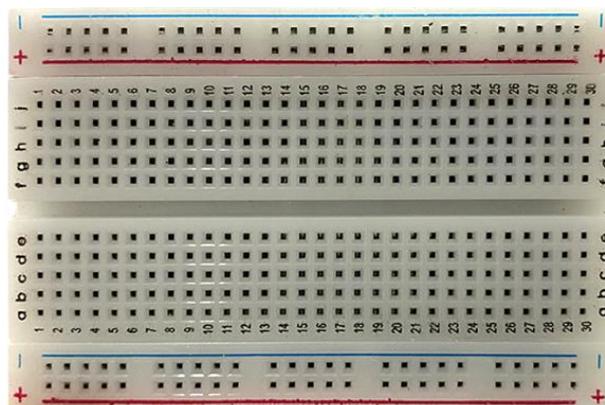
2.3 Componentes eletrônicos

A seguir, serão mostrados os componentes eletrônicos utilizados no aparato experimental e suas funções.

Protoboard

A Figura 17 mostra uma *protoboard* possibilita a montagem temporária de circuitos eletrônicos, permitindo que os componentes sejam reutilizados, sendo composta por uma grade de contatos conectados entre si, por meio dos quais os componentes são interligados.

Figura 17 - Protoboard.



Fonte: Registro da foto pela autora (2024).

Jumpers

Estes cabos flexíveis possuem pontas rígidas em suas extremidades, projetadas para serem facilmente inseridas nos furos do *protoboard*, o que simplifica a conexão entre os componentes e a fonte de alimentação, mostrado na Figura 18 abaixo.

Figura 18 - Jumpers.



Fonte: Registro da foto pela autora (2024).

Resistores

Um resistor é um dispositivo projetado para provocar resistência a uma corrente elétrica e quando conectado em série a um dispositivo, tem-se como resultado uma queda da corrente que atravessa a ambos e também a diminuição da tensão nos terminais do dispositivo, ilustrado na Figura 19 a seguir.

Figura 19 - Resistor.



Fonte: Registro da foto pela autora (2024).

A primeira faixa é a marrom, equivalente ao número um; a segunda faixa é preta, número zero, dessa forma temos o 10. A terceira faixa é laranja, o multiplicador 10^3 ; e a quarta faixa é sua tolerância de cor dourado, 5 %. Assim, temos $1K\Omega$ com uma tolerância de $\pm 5\%$.

Cada cor de faixa significa algo que está sendo explicado na Figura 20, diz respeito a uma tabela de cores ou simplesmente código de cores que fornecem as resistências elétricas dos resistores.

Figura 20 - Código de cores para resistência de resistores.

Cor	1ª faixa	2ª faixa	3ª faixa	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	$\times 10^0$	
Marrom	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
Vermelho	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
Laranja	3	3	3	$\times 10^3$	
Amarelo	4	4	4	$\times 10^4$	
Verde	5	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0,5\%$
Azul	6	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0,25\%$
Violeta	7	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0,1\%$
Cinza	8	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0,05$
Branco	9	9	9	$\times 10^9$	
Dourado				$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
Prata				$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Potenciômetro

A Figura 21 é um tipo de resistor que consegue variar a resistência do circuito, ou seja, a resistência de circulação do circuito vai depender da manipulação do potenciômetro, a posição de sua chave.

Figura 21 - Potenciômetro.



Fonte: Registro da foto pela autora (2024).

Botão

O botão é um componente eletrônico que controla a passagem da corrente elétrica, que quando pressionado, flui essa corrente pelo circuito. Sua utilização é específica para a interação com o usuário, pois precisa ser acionado manualmente, mostrado na Figura 22.

Figura 22 - Botão.



Fonte: Registro da foto pela autora (2024).

Módulo HC-05

As placas de Arduino UNO não possuem em sua estrutura uma conexão *bluetooth*, porém é possível utilizar um componente eletrônico, conhecido como HC-05, que faz

esse papel de fornecer uma interface serial para que a placa consiga enviar e receber dados, via *bluetooth*, como mostra a Figura 23.

Figura 23 - Módulo *bluetooth* HC-05.



Fonte: Registro da foto pela autora (2024).

LED

O LED é um dispositivo semicondutor que quando energizado, emite luz. Os LEDs são altamente eficientes para geração de luz, devido a sua baixa produção de calor e longa vida útil. Além disso, operam com baixas tensões, geralmente entre 1,7 V e 4,5 V, dependendo do tipo do material específico de fabricação, assim como mostra a Figura 24.

Figura 24 - LED vermelho.



Fonte: *Print screen* da Maker Hero.

2.4 MIT App Inventor

Com o intuito de criar uma conexão via *bluetooth* entre o experimento montado em sala e um celular, criamos um aplicativo *Mobile*. Diante dessa necessidade, o *MIT App Inventor* (Inventor de Aplicativos do Instituto de Tecnologia de Massachusetts) demonstrou ser uma ferramenta que pode cumprir com o que nosso produto educacional necessita, de forma prática e simplificada.

O *MIT App Inventor* foi criado pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts, e é uma plataforma de programação visual intuitiva que permite a qualquer pessoa, inclusive crianças, criar aplicativos totalmente funcionais para telefones *Android*, *iPhones* e tablets *Android/iOS*. O site foi desenvolvido para que os usuários possam criar os aplicativos a partir de blocos, facilitando a construção de programas mais complexos e diminuindo o tempo gasto, comparando com outros ambientes de programação (*MIT App Inventor*, 2024).

Outro fator relevante é a eficácia do site no desenvolvimento de aplicativos móveis para o sistema operacional *Android*, pois na aplicação do produto educacional, aparelhos celulares de sistema *Android* predominam com os alunos, facilitando o trabalho em sala de aula. Além disso, o site oferece uma maneira significativa de aprender conceitos fundamentais de programação, abordando esses conceitos de forma intuitiva e motivadora (Finizola *et al.*, 2014).

Segundo Castro *et al.* (2017), utilizando o *MIT App Inventor*, existe a possibilidade de não precisar escrever uma sequência de códigos manualmente, em forma de linha, e sim, construir a programação, de maneira simples e intuitiva através do recurso de arrastar e soltar blocos. Essa plataforma oferece uma ampla gama de recursos gráficos, incluindo botões, texto e imagens, além de funcionalidades de hardware de dispositivos móveis, como câmera, GPS e *Bluetooth* etc.

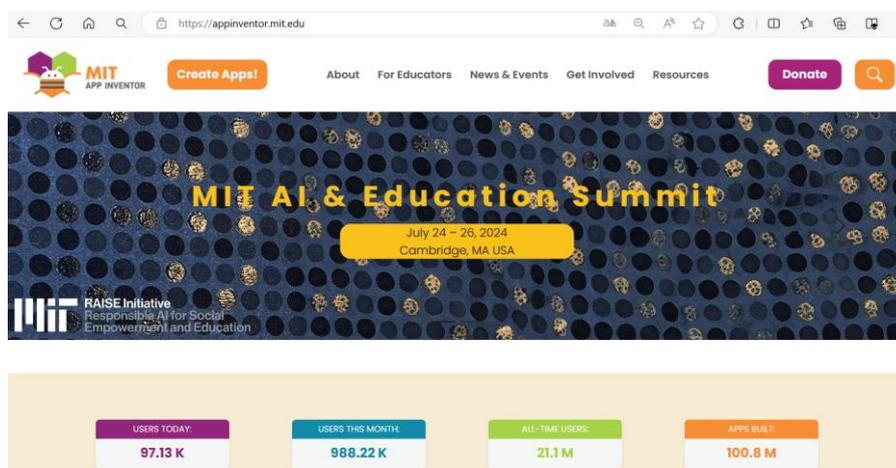
Para programar utilizando o *MIT App Inventor* são necessários dois recursos principais: o *App Inventor Designer* e o *Blocks Editor*.

O *App Inventor Designer* é uma janela executada no browser, onde se constrói a interface com o usuário da aplicação, determinando quais componentes (imagens, animações, botões, sons) serão escolhidos para essa aplicação. O *Blocks Editor* é onde é realizada a etapa de programação propriamente dita, a qual é representada pela união de pedaços de instruções, no estilo de peças de quebra-cabeças. Cada componente do *Designer* tem um conjunto de instruções inerentes dentro do *Blocks Editor*. As instruções do *Blocks Editor* apresentam procedimentos e estruturas (laços de repetição, listas, estruturas condicionais,

funções, operadores matemáticos e lógicos), instruções e eventos de interações com o celular (vibração, som, acelerômetro) dos componentes que estão sendo utilizados no *Designer*. Dessa forma, o *App Inventor* utiliza programação guiada a eventos, onde as interações com o dispositivo se refletem em respostas no aplicativo e vice-versa. (Finizola *et al.*, 2014, p. 2).

Na parte superior da página inicial da *MIT App Inventor*, encontra-se informações sobre o próprio site, notícias e eventos que envolvem assuntos relacionado a tecnologia e inovação, recursos e uma parte elencada para educadores, com tutoriais, dicas e indicação de livros como apontado na Figura 25.

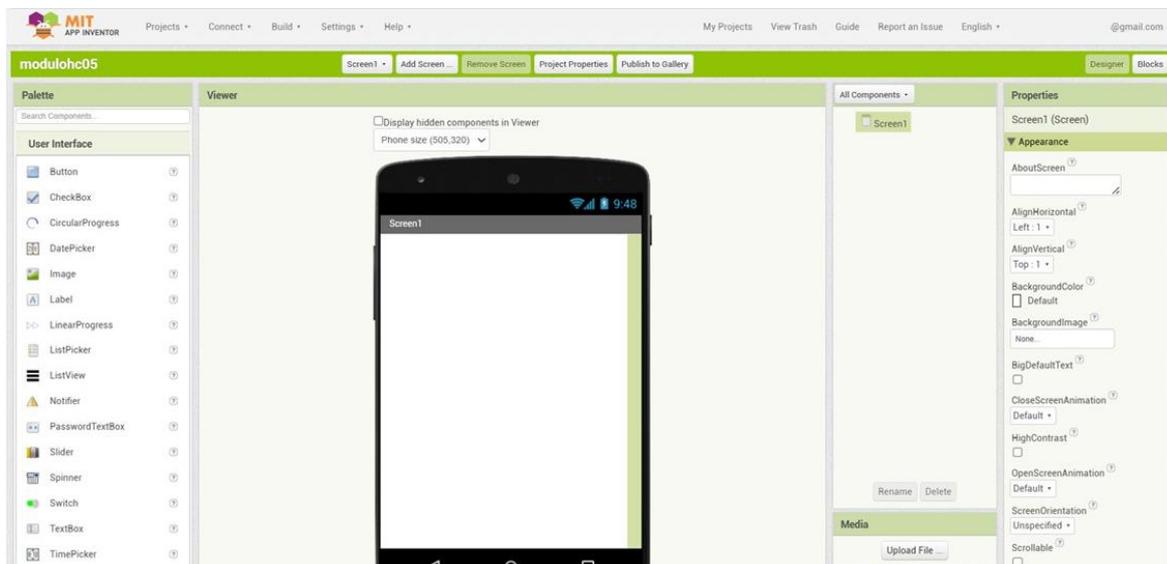
Figura 25 - Página inicial do *MIT App Inventor*.



Fonte: Print screen do *MIT App Inventor* (2024).

Para abrir um novo programa, devemos clicar no botão de cor laranja localizado na parte de cima à esquerda, intitulado como "*Create Apps!*". Ao clicar neste botão, o usuário será redirecionado onde será solicitado que faça *login* em sua conta do *Google* para acessar o *software*. Após fazer *login*, é necessário conceder permissão ao *MIT App Inventor* para acessar sua conta do *Google*. Após efetuar o *login*, é possível começar a desenvolver o aplicativo. Ao acessá-lo pela primeira vez, a tela exibida é a de criação de um novo projeto, mostrada na Figura 26.

Figura 26 - Página de desenvolvimento de um novo aplicativo no MIT.



Fonte: Print screen do MIT App Inventor (2024).

No entanto, ao já possuímos projetos salvos, a tela inicial mostrará os "Meus Projetos", alternando automaticamente para o projeto mais recentemente modificado.

Na interface da mesma página da Figura 26, tem as funções:

- **Botão:** botão com capacidade de detectar cliques. Muitos aspectos de sua aparência podem ser alterados, bem como se está ativado ou não.
- **Caixa de seleção:** Caixa de seleção que gera um evento quando o usuário clica nele. Há muitas propriedades que afetam sua aparência e que podem ser definidas no *Designer* ou no Editor de blocos.
- **CircularProgress:** Um componente visível que indica o progresso de uma operação usando um *loop* animado.
- **Escolhe data:** Um botão que, quando clicado, inicia uma caixa de diálogo pop-up para permitir que o usuário selecione uma data.
- **Imagem:** Componente para exibição de imagem. Seu aspecto da aparência pode ser especificado no *Designer* ou no Editor de Blocos.
- **Legenda:** Um *Label* exibe uma parte do texto, que é especificada por meio da propriedade *Text*. Outras propriedades, todas as quais podem ser definidas no *Designer* ou no Editor de blocos, controlam a aparência e o posicionamento do texto.

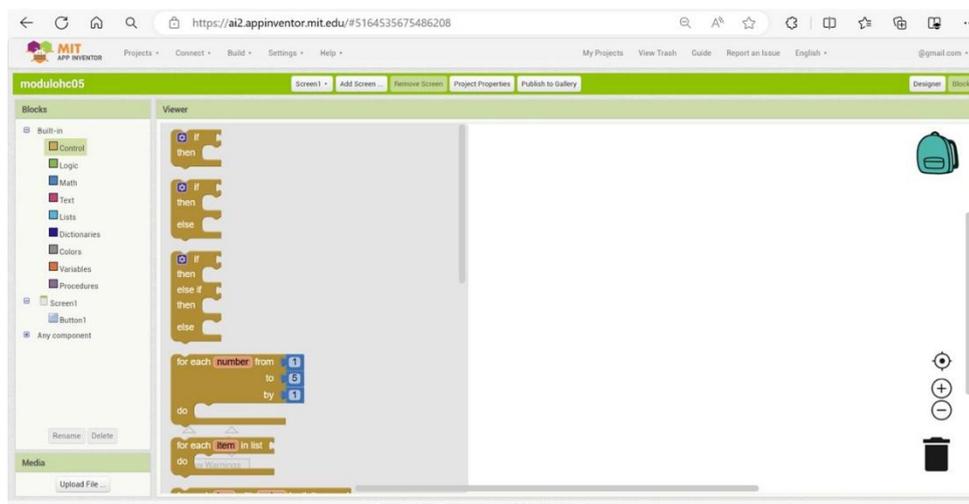
- **LinearProgress:** Indica o progresso de uma operação usando uma barra linear animada.
- **Escolhe lista:** Um botão que, quando clicado, exibe uma lista de textos para o usuário escolher. Os textos podem ser especificados por meio do *Designer* ou do Editor de Blocos definindo a propriedade *ElementsFromString* para sua concatenação separada por cadeia de caracteres. Por exemplo: escolha 1, escolha 2, escolha 3, ou definindo a propriedade *Elements* como uma Lista no editor de Blocos.
- **Visualizador de lista:** Um componente visível que exibe uma lista de elementos de texto e imagem.
- **Notificador:** Exibe caixas de diálogo de alerta, mensagens e alertas temporários e cria entradas de log do *Android*.
- **Caixa de senha:** Local para inserir senhas. Isso é o mesmo que o componente caixa de texto comum, exceto que isso não exibe os caracteres digitados pelo usuário.
- **Deslizador:** Um controle deslizante é uma barra de progresso que adiciona um polegar arrastável. Pode tocar o polegar e arrastar para a esquerda ou para a direita para definir a posição do polegar deslizante.
- **Lista suspensa:** Um componente giratório que exibe um *pop-up* com uma lista de elementos. Esses elementos podem ser definidos no *Designer* ou no Editor de Blocos definindo a propriedade *ElementsFromString* como uma concatenação separada por cadeia de caracteres. Por exemplo: escolha 1, escolha 2, escolha 3, ou definindo a propriedade *Elements* como uma Lista no editor de Blocos.
- **Switch:** Alterna a opção que gera um evento quando o usuário clica nele. Há muitas propriedades que afetam sua aparência que pode ser definida no *Designer* ou no Editor de blocos.
- **Caixa de texto:** Parte disponível para o usuário inserir texto. O valor de texto inicial ou inserido pelo usuário está na propriedade *Text*.
- **Escolhe hora:** Um botão que, quando clicado, inicia uma caixa de diálogo *pop-up* para permitir que o usuário selecione um horário.
- **Navegador web:** Componente para exibir páginas da *Web*. A *URL* inicial pode ser especificada no *Designer* ou no Editor de blocos.

Temos, ainda, as opções de edição: *Layout*, *Mídia*, *Desenho e Animação*, *Maps*, *Charts*, *Data Science*, *Sensores*, *Social*, *Armazenamento*, *Conectividade*, *LEGO-MINDS-TORMS*, *Experimental*, *Extesion*.

Enquanto o programador vai adicionando detalhes, tanto da interface quanto do restante das configurações, na parte direita vai sendo feita uma listagem do que pode ser modificado em relação a aparência (nas propriedades), além de poder renomear ou deletar os mesmos.

Caso a opção do usuário não seja programar nesse modelo (*Designer*), pode mudar para o modo *Blocks*, que é com a conexão de blocos, página igual a Figura 27:

Figura 27 - Página da configuração do aplicativo no modo *Blocks*.



Fonte: Print screen do MIT App Inventor (2024).

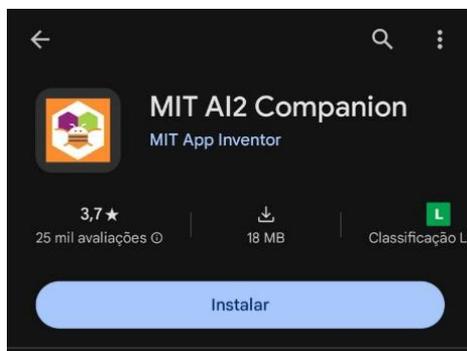
Na barra de menu do site estão os tópicos:

- **Projetos:** é possível gerenciar os projetos, incluindo a criação de novos, a importação, exportação, exclusão e salvamento dos projetos, além de outras opções mais detalhadas.
- **Conectar:** oferece a possibilidade de testar o aplicativo em nosso dispositivo ou em um emulador.
- **Compilar:** compila o aplicativo em um arquivo *.apk*, que pode ser armazenado no computador ou baixado diretamente para o dispositivo.

- **Configurações:** dá opção de habilitar/desabilitar o carregamento automático do projeto e para habilitar/desabilitar uma fonte tipográfica para auxiliar pessoas com dislexia na leitura.
- **Ajuda:** Oportuniza dar acesso a informações, tirando dúvidas do usuário.
- **Meus projetos:** redireciona para página de seus projetos;
- **Lixo:** mostra sua lista de lixo;
- **Guia:** leva diretamente para a página de ajuda do site;
- **Relatar um problema:** fornece a possibilidade de entrar em contato com a equipe para reparar um possível problema encontrado;
- **Idioma:** selecionar a linguagem desejada;
- **Usuário:** permite acessar dados do perfil.

Para testar o aplicativo, é necessário inicialmente baixar o aplicativo na *Google Play*, que é a plataforma digital que disponibiliza de aplicativos para aparelhos *Android*, o aplicativo se chama *MIT AI2 Companion*, demonstrado na Figura 28.

Figura 28 - Aplicativo *MIT AI2 Companion* na *Google Play*.



Fonte: *Print screen da Play Store* (2024).

A fim de testar o aplicativo que está sendo feito, basta acessar o menu de conectar e escolher uma das três opções disponíveis: Assistente de *AI*, *Emulador* ou *USB*. Há ainda duas opções adicionais caso seja preciso reiniciar a conexão durante o teste, ambos apresentados na Figura 29.

Figura 29 - Menu conectar.



Fonte: Print screen do MIT App Inventor (2024).

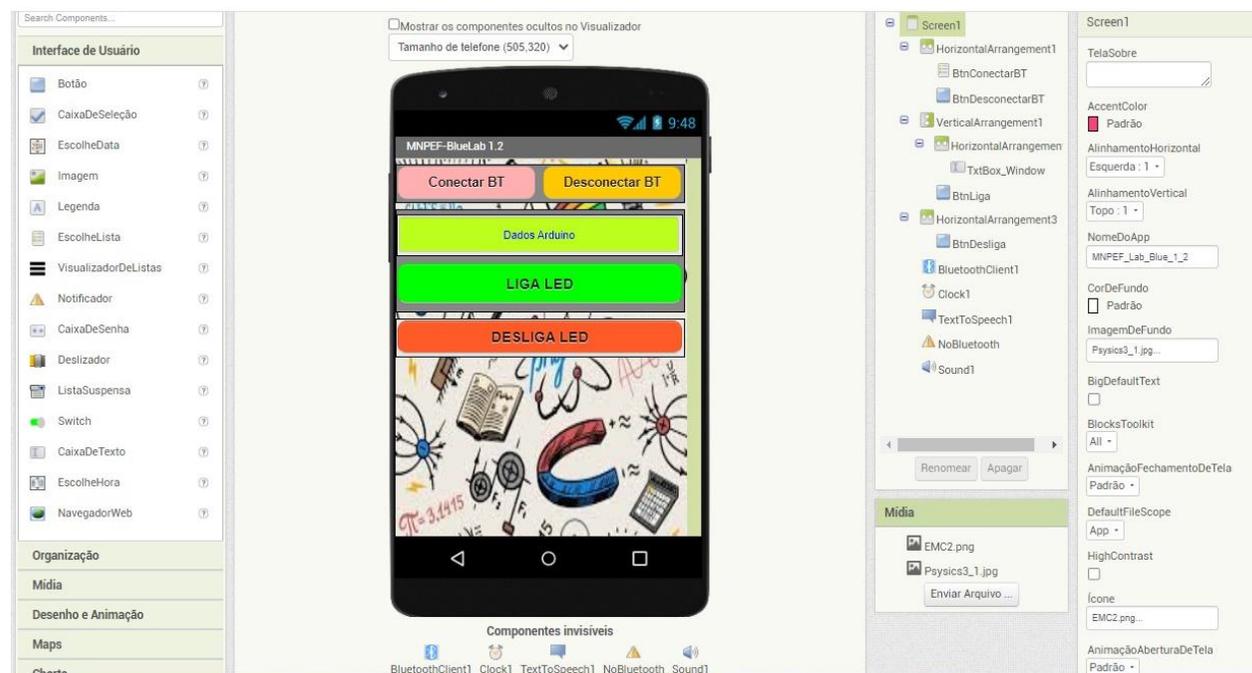
Ao abrir este aplicativo no *Android*, será solicitado um código hexadecimal ou um *QR Code*, ambos disponíveis ao clicar na alternativa "Assistente de Inteligência Artificial". Após inserir o código ou escanear o *QR Code*, o aplicativo em desenvolvimento é automaticamente lançado no dispositivo utilizado para o teste. Na alternativa “*Emulador*”, é requerido a instalação do programa "*AiStarter*". A terceira opção é usar a conexão USB. No entanto, essa alternativa é menos recomendada, pois exige a instalação de ambos os softwares, o "*AiStarter*" no computador e o aplicativo correspondente no dispositivo. Esta opção é recomendada caso não haja possibilidade de conexão via *Wi-Fi*.

O *MIT App Inventor* possibilita que o usuário sincronize seu smartphone com o computador, permitindo que as modificações feitas durante a construção de uma aplicação sejam testadas em tempo real no dispositivo, proporcionando *feedback* instantâneo, admitindo que você avalie sua funcionabilidade no mesmo momento (Finizola *et al.*, 2014).

2.4.1 Design do aplicativo MNPEF_Blue_Lab_1_2

Para o desenvolvimento do aplicativo que usamos na aplicação do produto educacional, pensamos em elementos como: imagem que relacionasse a Física; cores vibrantes para chamar atenção do usuário; figuras geométricas arredondadas e quadradas. A Figura 30 é um *print screen* do aplicativo MNPEF_Blue_Lab_1_2.

Figura 30 - Página do aplicativo MNPEF_Blue_Lab_1_2 no site da *MIT App Inventor*.



Fonte: *Print screen* do aplicativo MNPEF_Blue_Lab_1_2 do *MIT App Inventor* /Jairo Oliveira (2023).

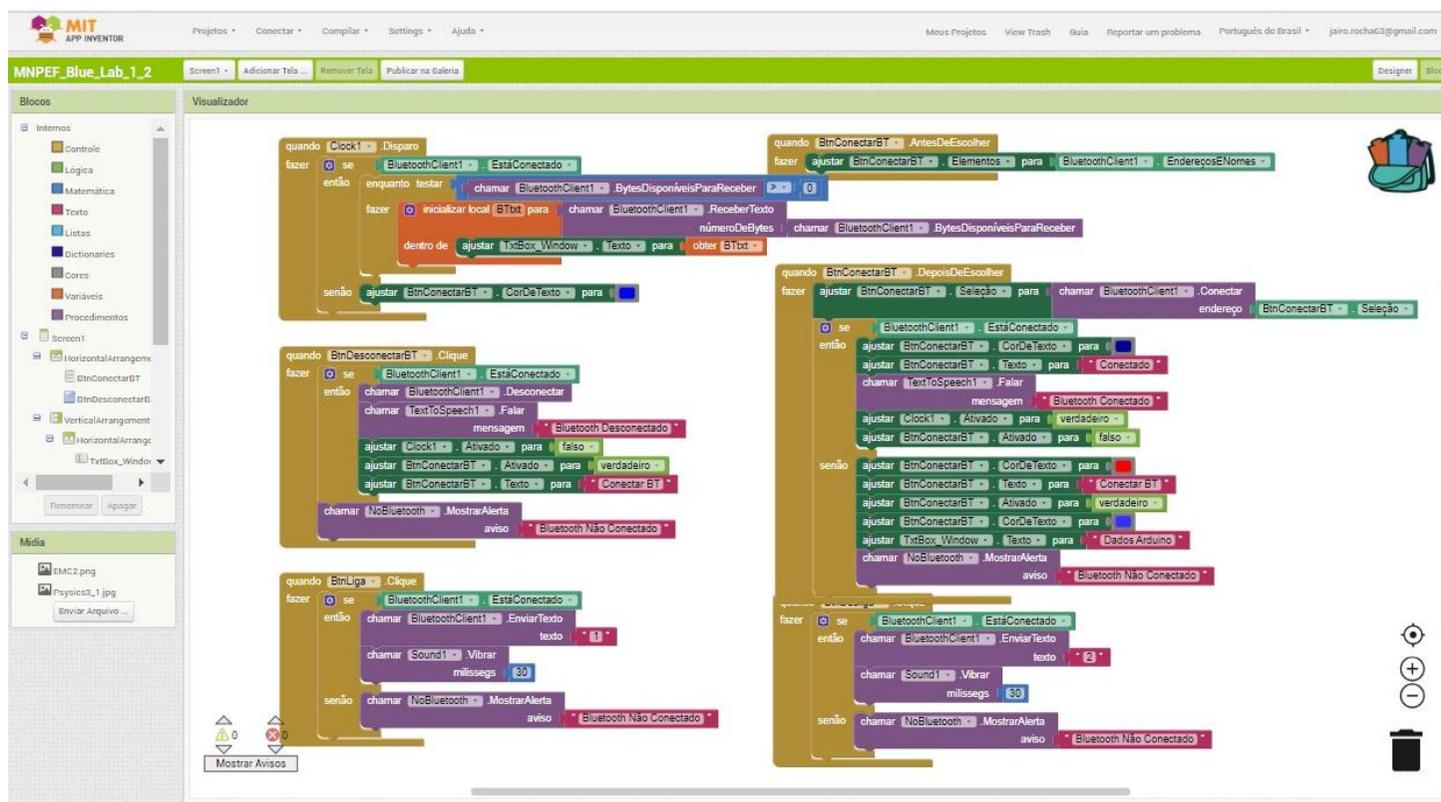
Este aplicativo está disponível no QR code ao lado:



2.4.2 Programação em blocos do aplicativo MNPEF_Blue_Lab_1_2

Panorama do *MIT App Inventor* mostrando a programação em blocos para a construção do aplicativo é mostrada na Figura 31a.

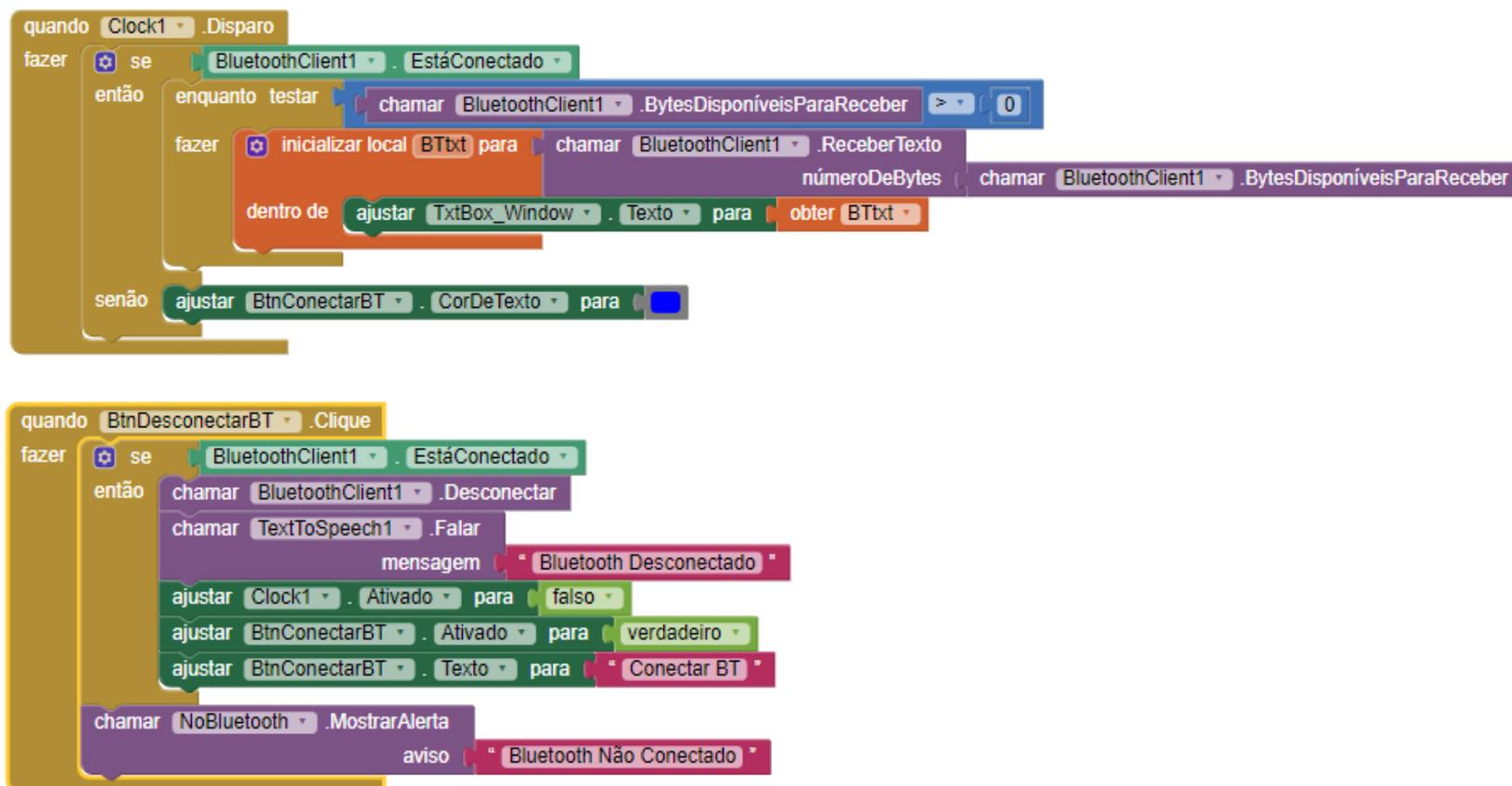
Figura 31a - Programação em blocos do aplicativo MNPEF_Blue_Lab_1_2.

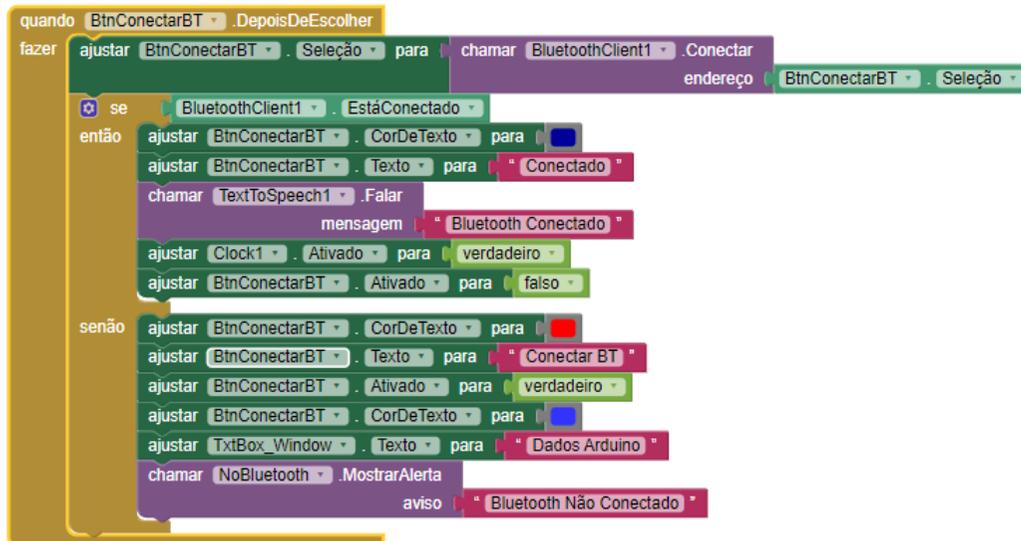
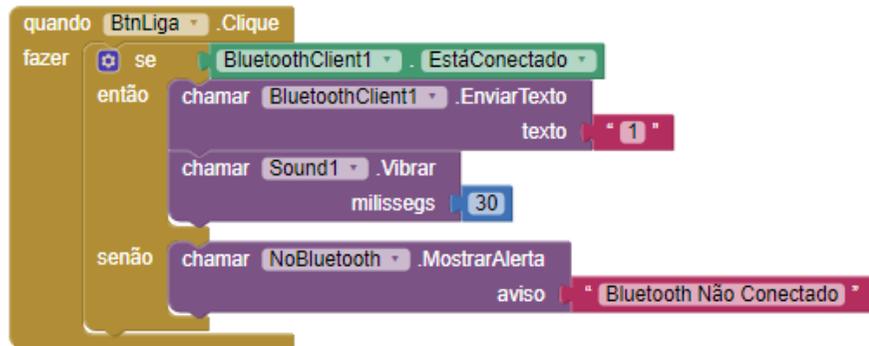


Fonte: Programação em blocos do aplicativo MNPEF_Blue_Lab_1_2/Jairo Oliveira (2023).

A Figura 32b é a mesma programação em blocos do aplicativo MNPEF_Blue_Lab_1_2 da Figura 31a, ampliada mostrando detalhes.

Figura 32b - Programação em blocos do aplicativo MNPEF_Blue_Lab_1_2.







3 METODOLOGIA

Estruturamos as atividades em seis momentos, intitulados de Etapas: 1- *Quark*, 2- *Nêutron*, 3- *Bóson*, 4- *Elétron*, 5- *Próton* e 6- *Fóton*, articulados a metodologia ativa *Sala de Aula Invertida*, indicadas, a seguir, no Quadro 2. Esses momentos servem como base, livre para possíveis adaptações.

Quadro 2 - Momentos e descrições das atividades vivenciadas.

Momentos	Descrição
Etapa 1: <i>Quark</i>	Aplicação de questionário para verificar as concepções iniciais dos alunos.
Etapa 2: <i>Nêutron</i>	Sala de Aula invertida: leitura sobre Física Quântica.
Etapa 3: <i>Bóson</i>	Compartilhamento dos assuntos abordados no material, por equipe. Cada equipe escolheu um tema e ficou responsável para explicar sobre o mesmo para o restante da turma, gerando um debate.
Etapa 4: <i>Elétron</i>	Avaliação da SAI.
Etapa 5: <i>Próton</i>	Montagem do experimento.
Etapa 6: <i>Fóton</i>	Aplicação do questionário após todas as atividades vivenciadas.

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

construímos um questionário com questões de múltipla escolha, dando a oportunidade aos alunos exporem suas ideias e duas maneiras, indicando uma alternativa, que julgasse correta, e permitindo que escrevessem suas próprias respostas, sendo aplicados nas Etapas *Quark* e *Fóton* e disponível no Apêndice A.

No segundo momento, intitulado de Etapa *Nêutron*, foi aplicado o modelo da metodologia ativa, Sala de Aula Invertida, para o estudo de material em casa, enviado com antecedência via *Classroom* da turma, e correspondeu a leitura reflexiva de um artigo da Revista Super Interessante, acessível no Anexo A.

Após leitura do material, a turma foi dividida em 6 equipes, de acordo com o quantitativo de participantes presentes em sala, com o propósito de cada uma escolher um tópico para explorarem sobre eles para toda a turma. O intuito foi criar um debate entre os alunos ouvintes e os que estavam apresentando os conceitos trazidos no artigo, de modo que cada aluno fosse protagonista de seu próprio conhecimento.

Na Etapa *Bóson*, as equipes fizeram as explicações dos temas, onde tiveram a oportunidade de comentar o que tinha chamado mais atenção no texto e as outras equipes ouvintes se fosse o caso, perguntariam algo, a fim de acrescentar no debate.

A Etapa *Elétron* se tornou crucial para finalizar as ideias propostas na nossa metodologia, seguindo o fundamento da SAI em termos que avaliar a atividade anteriormente *on-line*. Para isso, aplicamos um questionário que contou com quatro questões dissertativas, para os alunos pesquisarem ou demonstrarem o que conseguiram aprender com os momentos anteriores, disponível no Apêndice B.

Preparamos um roteiro de montagem do experimento, apresentado no Apêndice C, utilizado na Etapa *Próton*, que teve como objetivo utilizar o módulo *bluetooth* HC-05 para enviar dados de voltagem dos LEDs, manipulados pelos alunos para o celular, com intenção de auxiliar os cálculos da constante de Planck de cada equipe. No material, inserimos o esquema da montagem do circuito elétrico com todos os componentes necessários e suas respectivas conexões. Colocamos também os espaços adequados para separação de dados essenciais, como: cor do LED utilizado; comprimento de onda respectiva da cor do LED; tensão necessária para acender o LED – média aritmética dos procedimentos, e o valor da constante de Planck encontrada a partir dos cálculos.

3.1 Montagem do experimento

O experimento tem bastante componentes, fazendo com que quem for montá-lo, preste atenção nos detalhes. A localização desses componentes pode ser organizada de outras formas, do jeito que mostra a Figura 33, foi uma opção otimizada pelos autores.

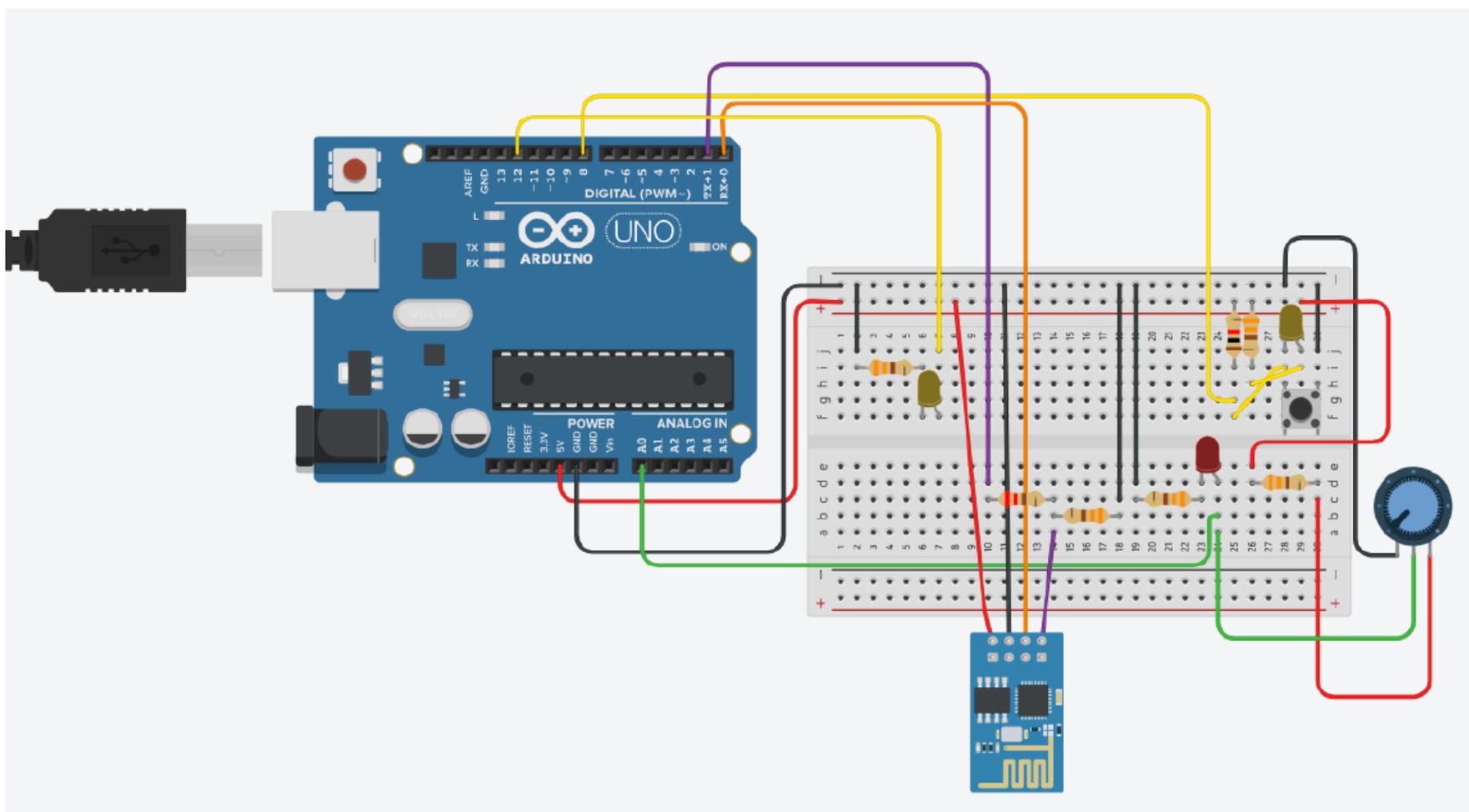
Materiais utilizados

- Arduino Uno;
- Protoboard;
- Jumpers;
- 2 LEDs amarelos;
- 1 LED da cor escolhida (verde, vermelho, amarelo ou azul);
- 1 potenciômetro;
- 5 resistores de 330 Ω ;

- 1 resistor de $1k\Omega$;
- 1 resistor de 220Ω ;
- 1 módulo HC-05;
- 1 botão.

Monte o circuito de acordo com a Figura 33:

Figura 33 - Montagem do experimento.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Atenção: Como já foi mencionado, as posições dos componentes na *proto-board* não se torna obrigatório como mostrado na Figura 33. Porém, a ordem da ligação dos componentes sim, deve ser respeitada. O potenciômetro pode ser conectado diretamente na *proto-board*, a depender do tamanho da placa, existem *proto-boards* de tamanhos diversos. Da mesma forma, acontece com o módulo HC-05, ele dá a possibilidade de aplicação direto na placa. O botão também pode ser encontrado de modelos diferentes da imagem, ele é um componente que exige cuidado, por suas “pernas” serem sensíveis.

Após a montagem do experimento, é necessário fazer o *sketch* da programação do Arduino IDE no Arduino.

3.1.1 Programação do Arduino IDE

Digite ou copie e cole o código abaixo no aplicativo Arduino IDE. Caso mude algo na montagem, lembre-se de modificar também na programação.

```

/*
  Programa de Conexão Bluetooth com Arduino e App Android desenvol-
  vido na plataforma APP inventor
  Pode ser expandido para mais troca dados entre celular e Arduino

  Componentes:
  - Arduino UNO ou Mega;
  - Módulo Bluetooth HC-05;
  - Resistores de 220 e 330 Ohms ou 1k Ohms e 2,2k Ohms para con-
  verter
    5V de saída do Arduino para 3.3V (Divisor de tensão);
  - Botão 8 fica normalmente aberto no estado ZERO, quando pressio-
  nada vai para estado UM;
  - Led simples e resistor de 220 a 1k Ohms para o Led.

  Versão 1.1 - Versão inicial que recebe e envia dados - 25/Mai/2023

  ----- Criado por Jairo Rocha para MNPEF_BlueLab 1.2 -----

*/

// Biblioteca para Serial
#include <SoftwareSerial.h>

// Define Pinos
#define ledPin 12

```

```

#define botao 8

// Cria variáveis
int state = 2;    //state = 0
int flagOFF = 0;
int flagON = 0;
float volt = 0.00;

void setup() {
  // Configura Pinos
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  //pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(botao, INPUT_PULLUP);

  // Pisca LED na inicialização
  digitalWrite(ledPin, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(ledPin, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(ledPin, LOW);

  // Inicia Serial
  Serial.begin(9600); // Serial para Bluetooth
}

void loop() {

  // Checa se botão foi pressionado
  if (digitalRead(botao) == LOW) {
    if (flagON == 0) {
      volt = (analogRead(A0)*5.0)/1023.0;
      Serial.write("V = ");
      Serial.print(volt);
      Serial.write(" volts");
      flagON = 1;          // Altera estado da flag para evitar de ficar
// escrevendo repetidamente na serial BT
      flagOFF = 0;
    }

  }

  else if (flagOFF == 0) { // Botão não foi pressionado
    //Serial.write(" V");
    delay(500);
  }
}

```

```

    flagOFF = 1;          // Altera estado da flag para evitar de ficar
                          // escrevendo repetidamente na serial BT
    flagON = 0;
}

// Se serial está com dados disponíveis, faz leitura
if (Serial.available() > 0) {
    state = Serial.read();    // guarda leitura
}

// Se serial está com dados disponíveis, faz leitura. COLOCADO POR MIM.
if (Serial.available() > 0) {
    state = Serial.read();    // guarda leitura
}

// Checa dado recebido
if (state == '1') {          // Se dado foi 1, acende LED
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // acende LED
    state = 2;                // reseta variável de leitura, state =
0
} else if (state == '2') {   // Se dado foi 2, apaga LED
    digitalWrite(ledPin, LOW); // apaga LED
    state = 2;                // reseta variável de leitura, state 0
}
}
}

```

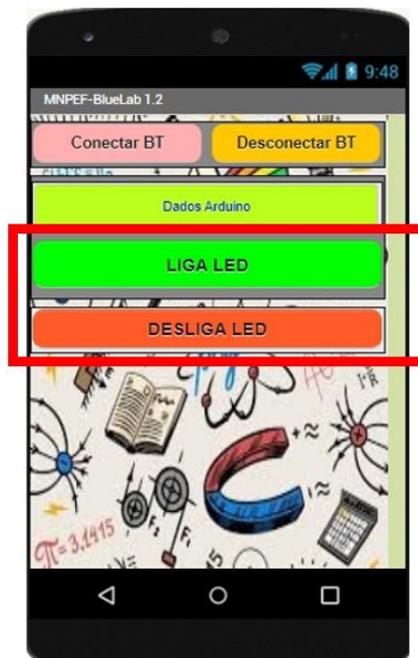
Feito o *sketch*, faça a conexão entre o módulo HC-05 e o celular ao qual está instalado o aplicativo MNPEF_Blue_Lab_1_2, clicando no botão “Conectar BT”, como indica a Figura 34. Essa conexão é feita como qualquer outra feita por *bluetooth*. O módulo HC-05 quando está disponível, pisca de forma rápida um LED que fica na parte próxima às “pernas” dele. Assim que essa conexão for feita, o LED pisca mais devagar. Caso tenha problemas, é necessária uma aprovação de instalação de aplicativos que não fazem parte da loja da *google*, *playstore*, encontrada nas configurações dos aplicativos do celular. Além disso, alguns aparelhos ainda não conseguiram encontrar o módulo HC-05 para fazer a conexão, assim, foi necessário fazer a permissão seguindo os passos: configurações > aplicativos > mnpef_lab_blue_1_2 > permissões, e então fazer a devida permissão.

Figura 34 - Conectar e desconectar *bluetooth*.



Fonte: *Print screen* do MNPEF_Blue_Lab_1_2 (2024).

Assim que a conexão entre o aplicativo e o celular seja feita, é necessário o teste com os LEDs amarelos. O LED amarelo da esquerda acende clicando na tela do aplicativo onde se encontra “LIGA LED” e apaga clicando no “Desliga LED”, como mostra a Figura 35. O LED amarelo da direita acende clicando no botão do experimento, enquanto ele for pressionado. Caso um destes testes não funcione, é necessário fazer revisão na montagem do experimento, até que se consiga resposta.

Figura 35 - Liga e desliga LED.

Fonte: Print screen do MNPEF_Blue_Lab_1_2 (2024).

É necessário que as equipes consigam alguns dados sobre os LEDs, mostrados na Figura 36.

Figura 36 - Dados do experimento.

DADOS DO EXPERIMENTO	
Cor do LED:	
Comprimento de onda (μm):	
Tensão (Volts):	
Valor da constante de Planck:	

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O dado de comprimento de onda do LED escolhido deve ser disponibilizado pelo professor, e assim, podem ser feitas as manipulações do potenciômetro. A intenção é o aluno encontrar a tensão de joelho do LED, manipular o potenciômetro até que o aluno consiga detectar luz no LED. Assim que encontrar, ele deve clicar o botão no experimento e, no mesmo momento, o valor da tensão aparece na parte superior da tela do aplicativo, destacado na Figura 37.

Figura 37 - Local que aparece dados de tensão do LED.



Fonte: Print screen do MNPEF_Blue_Lab_1_2 (2024).

A depender da quantidade de alunos por grupo, é indicado cada aluno fazer uma manipulação no potenciômetro e, ao final, ter informações da média aritmética dos valores de tensão. Com os valores da tensão (V), da velocidade da luz no vácuo (c) ($3,0 \times 10^8 m/s$), comprimento de onda do LED (λ) e o valor da carga elementar (e) $1,6 \times 10^{-19} C$, é possível fazer o cálculo da constante de Planck (h), pela equação:

$$hc = \lambda eV$$

Feitos os cálculos, é sugerido uma interpretação dos valores das constantes encontradas pelas equipes, em comparação ao valor $6,63 \times 10^{-34} J.s$, analisando as taxas de erros percentuais e identificando os possíveis motivos para tais erros.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha do tema desta pesquisa partiu do interesse de aprimoramento por parte da professora, autora deste trabalho, em abordar conceitos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), de forma a contribuir para a participação ativa dos discentes. À vista disso, atividades experimentais foram utilizadas para a efetivação do processo de ensino e aprendizagem nas aulas de Física. Assim, tais fatores foram norteadores para a construção do problema de pesquisa do nosso produto educacional.

A abordagem com metodologias ativas, no caso da Sala de Aula Invertida (SAI), trouxe resultados significativos e promissores, caracterizando-se como um fator motivador, pois diante da realidade, compreender, refletir, pesquisar e aplicar novas metodologias tornam-se essenciais para o contexto educacional.

Neste cenário, a SAI auxiliou, sobretudo, a interação entre os alunos e os conteúdos programados para as Etapas estabelecidas nesta pesquisa, acarretando o protagonismo e o engajamento dos estudantes. Ademais, trabalhar os momentos planejados em forma de Etapas, favoreceu um direcionamento eficaz do ensinar, de modo a distanciar-se de aulas meramente conteudistas e tradicionais voltadas à Física. Para isso, utilizou-se atividades *on-line* e não digitais seguindo um roteiro com início, meio e fim.

O interesse por conhecimento da possibilidade de integrar tecnologias acessíveis, como a plataforma Arduino e o *MIT App Inventor*, pôde proporcionar oportunidades diferenciadas para se trabalhar conceitos abstratos de forma mais atrativa. A facilitação dessa atividade experimental, deu-se ao fato de os alunos já conhecerem a plataforma Arduino nas aulas de laboratório de Física durante o ano letivo. Nesse ínterim, atribui-se a relevância de apresentar a plataforma Arduino antes da aplicação da atividade experimental, pois, é uma montagem minuciosa e requer tempo para a realização desta atividade laboral.

Destacamos a relevância de apresentar a plataforma Arduino antes da realização da atividade experimental, pois mesmo os alunos conhecendo, a montagem do experimento foi uma fase um pouco demorada e mais trabalhosa.

O acompanhamento mais de perto na aplicação do experimento para o cálculo da constante de Planck também é uma sugestão, visto que os estudantes possuem uma dificuldade em compreender e manipular dados matemáticos, o que pode ajudar na

diminuição das taxas de erros nos cálculos em relação aos valores finais da constante de Planck.

Diante desses fatos, acredita-se que a aplicação desse produto educacional apresentou-se como um atrativo interessante para os alunos e, podendo ser acessado facilmente por professores da área de Física. Nesse sentido, é de suma importância buscar inspirações em paradigmas educacionais inovadores, de forma a prevalecer a oferta por uma educação mais significativa, integrada, crítica e, sobretudo, próxima à realidade dos alunos.

REFERÊNCIAS

- BACICH, L. Ensino Híbrido: Proposta de formação de professores para uso integrado das tecnologias digitais nas ações de ensino e aprendizagem. In: **Anais do XXII WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA**. SBC, 2016. p. 679-687.
- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. (Desafios da educação). Porto Alegre: Penso, 2018.
- BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. **Ensino Híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.
- BANDEIRA, S. L. **Aprendizagem de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio profissionalizante utilizando arduino**. 2017. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2017.
- BERGMANN, J.; SAMS, A. **Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem**. Tradução Afonso Celso da Cunha Serra. 1ª ed., Rio de Janeiro. LTC, 2016.
- CASTRO, C. H. et al. **Bafômetro de baixo custo: utilizando Arduino e App Inventor**. Anais do COMPUTER ON THE BEACH, v. 8, p. 535-537, 2017.
- FERNANDES, J. B. A. **Aquisição de dados com Arduino e smartphone: experimento do pêndulo simples**. 2020. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.
- FILATRO, A.; CAVALCANTI, C. C. **Metodologias inovativas: na educação presencial, a distância e corporativa**. 2 ed. São Paulo: SaraivaUni, 2023.
- FINIZOLA, A. B. et al. **O ensino de programação para dispositivos móveis: utilizando o MIT-App Inventor com alunos do ensino médio**. In: Anais do WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA. 2014. p. 337-341.
- GUEDES, D. B. **Linguagem de programação Python e Arduino como ferramenta para motivar estudantes iniciantes em programação**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.
- HORN, M. B.; STAKER, H.; CHRISTENSEN, C. **Blended: usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.
- LARA, V. de O. M. **Abordagens variadas no ensino de Física para os níveis médio e superior**. 2015. Tese (Doutorado em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.

LED difuso 5 mm vermelho. In: MAKER hero. Disponível em: < <https://www.makerhero.com/produto/led-difuso-5mm-vermelho/> > Acesso dia 24 jul. 2024.

LEITE, I. J. M. **Experimentos de física moderna para a determinação da constante de Planck utilizando Arduino e Visual Basic**: uma alternativa na formação e na prática docente. 2019. 184 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Física) – Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Ensino de Física em Rede Nacional, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

MACÊDO, M. A.; FARIA, E. C. **Manual pedagógico de robótica educacional**. 2021. Produto educacional (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PRO-FMAT) – Programa de Pós-Graduação do Instituto de Matemática e Estatística – IME, Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiás, 2021.

MIT APP INVENTOR. Disponível em: <https://appinventor.mit.edu/>. Acesso em: 11 abr. 2024.

MOREIRA, M. P. C. et al. Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 721-745, 2018.

NUSSEY, J. **Arduino Para Leigos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Alta Books, 2019. E-book. Acesso em: 02 abr. 2024.

RODRIGUES, R. F. de; CUNHA, S. L. S. **Arduino para físicos**. Textos de Apoio ao Professor de Física, v. 25, n. 4, 2014.

SCHAIDER, K. P. et al. **Protótipos educacionais: utilizando o Arduino para o aprendizado de programação inicial**. Vitória: Edifes, 2018.

SILVA, M. I. da et al. Estudo do Método de Rotação por Estações para o desenvolvimento de diferentes linguagens. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 28., 2016, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: UFSC, 2016.

SOUZA, F. **Arduino - Comunicação Serial**. In: EMBARCADOS, 2014. Disponível em: <https://embarcados.com.br/arduino-comunicacao-serial/>. Acesso em: 8 abr. 2024.

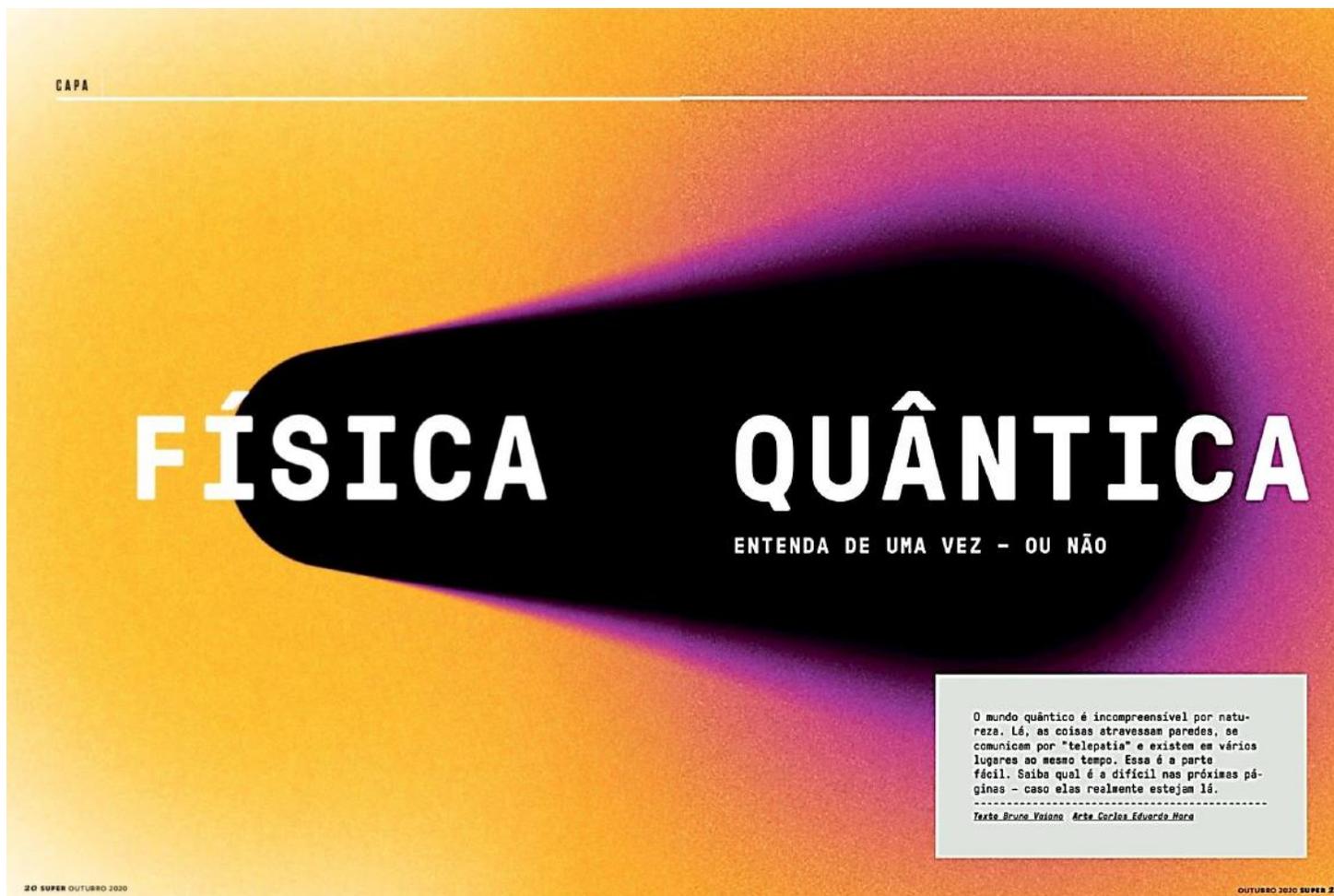
SOUZA, I. M. A.; SOUZA, L. V. A. O uso da tecnologia como facilitadora da aprendizagem do aluno na escola. **Revista Fórum Identidades**, v. 8, n. 8, 2013.

STEINERT, M. E. P.; HARDOIM, E. L. Rotação por Estações na Escola Pública: limites e possibilidades em uma aula de Biologia. **Ensino em Foco**, v. 2, n. 4, p. 11-24, 2019.

STUDART, N. **Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas**. Revista do Professor de Física, v. 3, n. 3, p. 1-24, 2019.

WARREN, J.-D.; ADAMS, J.; MOLLE, H. **Arduino para robótica**. Tradução de Humberto Ferasoli Filho, José Reinaldo Silva e Silas Franco dos Reis Alves. São Paulo: Blucher, 2019.

ANEXO A – ETAPA NÊUTRON: MATERIAL PARA LEITURA



O

EINSTEIN E O EFEITO FOTOELÉTRICO

Quando colocamos um metal sob a luz, ele gera uma corrente elétrica. Mas isso só acontece com luzes de certas cores. Em 1905, Einstein concluiu, a partir desse fenômeno, que a luz era feita de partículas. Com um problema: já havia provas definitivas de que ela se comporta como onda. Eis a dualidade onda-partícula nas raízes da física quântica.

O PRÊMIO NOBEL (e piadista) Richard Feynman disse certa vez: "Se você acha que entendeu a física quântica, é porque você não entendeu". E ele está certo. Para ver o que há de ininteligível ali, então, vamos começar pelo básico: física quântica é o ramo da ciência que descreve o funcionamento do mundo em escala microscópica. Suas equações mostram, com mais de dez casas decimais de precisão, o comportamento das partículas fundamentais, os tijolinhos indivisíveis que constroem tudo que há no Universo. Essas partículas formam átomos, que formam moléculas, que formam tecidos e órgãos, que formam você. Uma precisão de dez casas decimais equivale a medir a distância entre Porto Alegre e Natal com a margem de erro de um fio de cabelo. Eis o grau de intimidade com que conhecemos a nós mesmos.

Esse sucesso espetacular da física quântica foi possível graças a mais de um século de esforços de alguns gênios célebres e uma multidão de pesquisadores desconhecidos do público. Atualmente, o relatório de um único experimento no acelerador de partículas LHC pode ser publicado com mais de 3 mil assinaturas, tamanha a mão de obra necessária para destrinchar os dados. O Modelo Padrão – que você pode imaginar como uma tabela com os números e características de cada partícula fundamental, e as equações que regem

a interação entre elas – talvez seja o maior esforço intelectual coletivo da história da civilização.

Se é assim, por que Feynman considera o mundo quântico ininteligível? Toda graduação em Física dá uma introdução ao tema. Incontáveis tecnologias – lasers, máquinas de ressonância magnética e até smartphones – dependem da mecânica quântica para funcionar. E funcionam. Isso não é entender?

É e não é. As equações que regem o mundo microscópico dão resultados precisos, mas elas também nos dizem que coisas bizarras podem acontecer: partículas atravessam paredes e se conectam por distâncias imensas. Elas têm posição e velocidade, mas, se você mede um desses dados, elas escondem o outro de você. Um elétron se comporta como onda até ser detectado – quando manifesta seu lado partícula. Toda essa estranheza é bem descrita pela matemática e foi verificada na prática repetidas vezes. Nós sabemos que é assim. Mas não entendemos por que é assim. O mundo microscópico é uma caixa-preta. Nas próximas páginas, vamos mergulhar nessa escuridão. Tudo começa com a luz.

Os fótons e a luz

Em 1905, Einstein tinha 26 anos e trabalhava em um escritório em Berna, na Suíça, examinando pedidos de patente. Em um intervalo de meses, dedicando-se à pesquisa em física teórica só no tempo livre, publicou quatro artigos científicos revolucionários. Com um deles, fundou a Teoria da Relatividade. Com o outro, chegou a uma das conclusões fundadoras da mecânica quântica. É esse segundo que interessa para nós. O

artigo, baseado em um trabalho anterior de Max Planck, versa sobre um fenômeno chamado *efeito fotoelétrico*, em que um metal, quando exposto à luz, libera elétrons ao acaso. É assim, diga-se, que os postes de luz da rua sabem que precisam acender quando anoitece: o Sol se põe, e um detector nota que o fluxo de elétrons parou. No gráfico à direita, você entende o raciocínio de Einstein passo a passo. Sua conclusão foi que a luz é feita de partículas. Pequenos pacotinhos indivisíveis de energia, batizados por Planck como *quanta* ("quantos").

O problema é que, ao longo de todo o século 19, os físicos haviam conseguido provas e mais provas de que ela é feita de ondas. Em 1801, Thomas Young fez o seguinte experimento. Em uma sala escura, cortou dois buracos retangulares e paralelos em uma placa opaca e acendeu uma luz na frente da placa. A luz "se espremeu" para passar pelas fendas e iluminou a parede lá atrás. Caso a luz fosse feita de partículas, elas percorreriam uma linha reta até a parede e formariam duas faixas de luz claramente discerníveis. Como tinta de spray passando por um estêncil de grafiteiro.

Mas não foi o que ocorreu: a luz formou várias faixas (veja o gráfico na pág. 24). Isso é porque a luz se comporta como uma onda. Quando a onda se divide para passar pelos dois buracos, emerge do outro lado como duas ondas distintas. Essas

1. FREIA ELÉTRÔNICA
Em metais, os elétrons saltam a mão de seus átomos originais e circulam livremente. Se uma luz incide sobre um metal, alguns desses elétrons podem usar a energia contida na luz para pular fora.



2. EFEITO VIP
Isso só acontece com certas cores. Por exemplo: luz violeta gera corrente, vermelha, não. Ondas vermelhas têm menos energia que as violetas por causa do comprimento maior. Mas aumentar o brilho do vermelho, para compensar esse déficit, não adiantava.



3. A SACADA DE EINSTEIN
Einstein percebeu que a luz era feita de pacotinhos mínimos de energia – fótons. E que o elétron só se liberta se o pacotinho que ele recebe é maior do que a energia mínima que ele precisa para pular fora. Não adianta acumular dois pacotinhos menores.

4. UMS COM TANTO...
A luz vermelha oferece pacotinhos de luz pequenos demais. Quando você aumenta o brilho, aumenta o número de pacotinhos, mas não o tamanho deles. Já a luz violeta tem pacotes grandes o suficiente. Por isso, cada fóton liberta um elétron.



O EXPERIMENTO DA DUPLA FENDA

Thomas Young realizou este experimento em 1801 para provar, de maneira cabal, que a luz se comporta como onda. Mas a revisão do experimento no século 20 escancarou toda a estranheza do mundo quântico. Demonstrou que a luz age como partícula e onda ao mesmo tempo. E que ela é temperamental: muda sua natureza de acordo com cada tipo de observação.

1. O ORIGINAL DE 1801
Young fez a luz passar por duas fendas paralelas. As ondas, duplicadas, se encontram do outro lado e interferem entre si, formando um padrão listrado (as faixas apagadas são onde o vale de uma onda e a crista de outra se cancelam). É a prova de que a luz é onda.



2. INTERAÇÃO CONSIGO MESMO
Lembre-se: também há evidência de que a luz é feita de partículas, os fótons. Porém, os fótons sabem que precisam agir como onda: mesmo que você atire um de cada vez, de modo que eles não interfiram um com o outro, o padrão listrado vai aparecer lá atrás.

3. TRILOGIA ENCERRADA
E se você colocar um detector nas fendas, para saber exatamente por qual das duas cada fóton individual passa? Ai eles param de se comportar feito ondas e atingem a parede lá atrás em linha reta. A presença do observador tem o poder de mudar o experimento.



A LUZ NÃO PODE SER DESCRITA APENAS COMO ONDA OU PARTÍCULA: ELA É, AO MESMO TEMPO, AS DUAS COISAS - E NENHUMA DELAS.

ondas interferem uma com a outra. Onde dois picos se encontram, a luz é reforçada. Onde um pico e um vale se trombam, as ondas se cancelam e não há luz. O nome disso é *padrão de interferência*. Mantenha esse experimento em mente. Ele vai voltar mais para a frente no texto.

O experimento da dupla-fenda deixava pouco espaço para discussão. A luz é uma onda. Tanto é que, para descobrir a energia de cada pacotinho, Einstein multiplicava a constante de Planck chamada "h" (que é o número essencial da descrição quântica do mundo) pela frequência "f". $E = hf$. A equação que fornece o dado central sobre a tal partícula de luz depende da frequência (o número de ciclos por segundo) da onda correspondente. Algo unitário como uma bola de bilhar tem um valor em Hertz, como se fosse uma estação de rádio.

Com o passar dos anos, todos começaram a suspeitar que, na verdade, a luz era onda e partícula ao mesmo tempo, e que a chave para descrevê-la de forma bem-sucedida em unificar as explicações. "É da minha opinião", disse Einstein em 1909, "que o próximo estágio no desenvolvimento da física nos trará uma teoria da luz que pode ser interpretada como uma fusão das teorias de onda e partícula". Em 1927, o dinamarquês Niels Bohr concordou:

onda e partícula não eram explicações concorrentes, e sim complementares.

Os elétrons e a matéria

Bohr estava se debatendo com seu próprio dilema quântico: já dissemos que um átomo é um núcleo cercado por uma nuvem de elétrons. Esses elétrons podem ter certas energias, e Bohr notou que elas eram fixas. Um elétron pulava direto de um nível de energia para o outro, inferior ou superior, como se subisse de degrau em degrau em vez de escalar uma rampa.

Em 1924, um jovem físico da nobreza francesa chamado Louis de Broglie sugeriu que o elétron e todas as demais partículas agiam como os pacotes de luz: seriam meio onda, meio partícula, mas não exatamente uma coisa ou outra. Quando o elétron muda para um nível de energia mais alto, sua parte "meio onda" está vibrando mais rápido - e o comprimento dessa onda é menor (essa é uma versão simplificada da história, é claro). Um físico austríaco chamado Erwin Schrödinger construiu uma equação capaz de descrever essa onda. Ao fazê-lo, ele explicou o átomo de Bohr e oficializou a natureza contraintuitiva do mundo microscópico.

A equação de Schrödinger

Na mecânica de Newton, as equações tinham uma correspondência perceptível com a vida real: a velocidade de um carro são quantos metros ele percorre em um segundo. Ponto final. Já a equação de Schrödinger descrevia algo pequeno demais para se ver, cuja existência só é verificável indiretamente: um elétron. E aí ficou a dúvida: será que o elétron é, de fato, uma onda - no sentido em que ondas do mar são ondas? Ou será que a matemática típica das ondas serviu

bem para descrevê-lo por mera coincidência, mas, na verdade, a equação não diz nada sobre o que o elétron é no mundo real? Pela primeira vez, os físicos sabiam fazer contas para obter resultados corretos, mas não conheciam o objeto por trás das contas. Era como se uma pessoa soubesse que precisa esperar três pontos de ônibus para chegar ao seu destino, mas não fizesse ideia de que ônibus são veículos sobre rodas com motor a combustão.

Werner Heisenberg e Paul Dirac, dois outros monstros sagrados da física quântica, desenvolveram um pouco antes seus próprios métodos para determinar o comportamento do elétron. E, para agonia geral, usaram ferramentas matemáticas totalmente diferentes das de Schrödinger, que não tinham nada a ver com ondas (mas forneciam os mesmos resultados com a mesma exatidão). Como interpretar a onda, então?

Foi aí que entrou em campo Max Born. Born elevou a onda de Schrödinger ao quadrado. (Sim, físicos conseguem elevar ondas ao quadrado.) Ao fazê-lo, obteve outra onda, também com seus picos e vales. Então ele sacou que essa onda ao quadrado é uma espécie de gráfico: onde ela é mais alta, é maior a probabilidade do elétron estar. Onde ela é mais baixa, menor a probabilidade do elétron estar. Façamos um experimento para ilustrar: tranque dez elétrons em dez caixinhas. De acordo com o cálculo de Born, haverá 70% de chance de cada um dos elétrons estar no canto

esquerdo e 30% de estar no canto direito. Se você abrir as dez caixinhas, vai verificar exatamente isso: três elétrons num canto, sete no outro.

Newton chorou. Até então, toda a física havia girado em torno da ideia de que, se você tiver todas as informações sobre um carro em movimento no presente, é possível calcular onde ele estará no futuro. Mas, no mundo das coisas pequenas, nos resta apenas uma probabilidade de saber que algo estará em tal lugar. É impossível bater o martelo.

Calma que piora. Do mesmo jeito que os picos da onda (isto é, a amplitude) nos dizem onde o elétron tem mais chances de estar, o comprimento da onda nos dá informações sobre a velocidade com que o elétron se desloca. O problema é que, se uma onda tem um comprimento estável – oscilando em intervalos regulares, como o mar em um desenho de criança –, então os picos dela são todos iguais. E aí o elétron pode estar em qualquer pico. Ou seja: você consegue descobrir a velocidade do elétron com precisão, mas a onda não diz nada sobre a localização dele.

Por outro lado, se a onda tiver um pico só muito agudo – o que nos dá certeza quase absoluta da posição –, fica impossível saber o comprimento (que é a distância entre dois picos). E aí você não obtém dado nenhum sobre a velocidade. Esse é o Princípio da Incerteza de Heisenberg. Cada tijolinho que compõe seu corpo está sujeito a ele. A natureza nos nega a capacidade de calcular com precisão absoluta informações básicas sobre as partículas de que nós mesmos somos feitos. Se você sabe bem a velocidade, não sabe bem a posição. Se sabe bem a posição, não sabe bem a velocidade.

Esse é só o começo. Partículas regidas por uma função de onda (o nome técnico da coisa que acabamos de descrever) são capazes de bizarrices dignas de super-herói. Imagine

A EQUAÇÃO DE SCHRÖDINGER

Ele descreve o elétron não como uma partícula, mas como uma onda que muda com o tempo. A onda não "é" o elétron. Na verdade, a onda é como um gráfico que revela a posição, a velocidade e a massa do elétron. Ou melhor: revela só um desses dados, em detrimento dos outros. Nunca podemos saber tudo sobre uma partícula subatômica.

que um elétron está bem pertinho de uma barreira. E que a onda de probabilidade dele está disposta no espaço de tal forma que uma pontinha dela sai do outro lado da barreira. Qualquer lugar em que a função de onda tem alguma amplitude é um lugar em que o elétron pode estar. Portanto, há uma porcentagem de chance de que o elétron apareça do outro lado da barreira. Esse fenômeno, batizado de *tunelamento quântico*, parece ficção científica, mas tem uma importância central para a vida na Terra: é ele que faz o Sol brilhar. Entenda na pág. 28. (Ainda mais bizarro é outro fenômeno: o do entrelaçamento, que "une" partículas por mágica, mesmo se uma estiver aqui e a outra em Plutão. Explicamos na pág. 30.)

Você já deve estar se perguntando: "Se eu sou feito de partículas que se comportam de maneiras bizarras, então por que é que eu sou um objeto newtoniano e carreta, que tem 100% de chance de estar no sofá a qualquer dado momento?" É uma pena decepcioná-lo, mas um ser humano médio é construído por 7 bilhões de bilhões de bilhões de átomos. Sete seguido de 27 zeros. Isso é mais do que a largura do Universo visível medida em metros. É fato que toda partícula está atrelada a um risco inerente de fazer uma maluquice, como atravessar paredes. Mas a probabilidade de que todas partículas do seu corpo façam a mesma piração simultaneamente é irrisória e pode ser desconsiderada. Você nunca vai atravessar uma parede.

Sobre fendas e gatos

Então quer dizer que a luz é uma onda que descobrimos se comportar também como partícula. E que o elétron

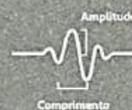
NA ILUSTRAÇÃO, AS CORES INDICAM REGIÕES EM TORNO DO NÚCLEO DO ÁTOMO EM QUE HÁ MAIS CHANCES DE UM ELÉTRON ESTAR. CERTEZA? NÃO HÁ.

é uma partícula que descobrimos se comportar como onda. Tudo exibe a dualidade onda-partícula. Para piorar, a matemática das ondas descreve satisfatoriamente essa situação, mas existem outros caminhos matemáticos que realizam a tarefa igualmente bem. Diante disso, Niels Bohr e sua turma concluíram que o único jeito honesto de abordar a questão é admitir que não sabemos realmente o que é um elétron – e que a física não deve mesmo se preocupar com coisas impossíveis de verificar. O que importa é que as contas dão certo.

Para entender essa postura filosófica, vamos voltar para o experimento da dupla-fenda. A luz se divide em duas ondas, essas ondas interagem e formam um padrão de interferência, certo? Mas, como De Broglie definiu, os elétrons também agem como ondas. Então, se você realizar o experimento com elétrons, em vez de luz, eles também devem formar um padrão de interferência na parede lá atrás. De fato, é isso que acontece no laboratório. As funções de onda dos elétrons interagem entre si. Eles manifestam sua natureza ondulatória. Mas calma: não acabamos de dizer que na verdade essas ondas são um artifício matemático que elas não têm existência física?

Então, aqui vem o pulo do gato: →

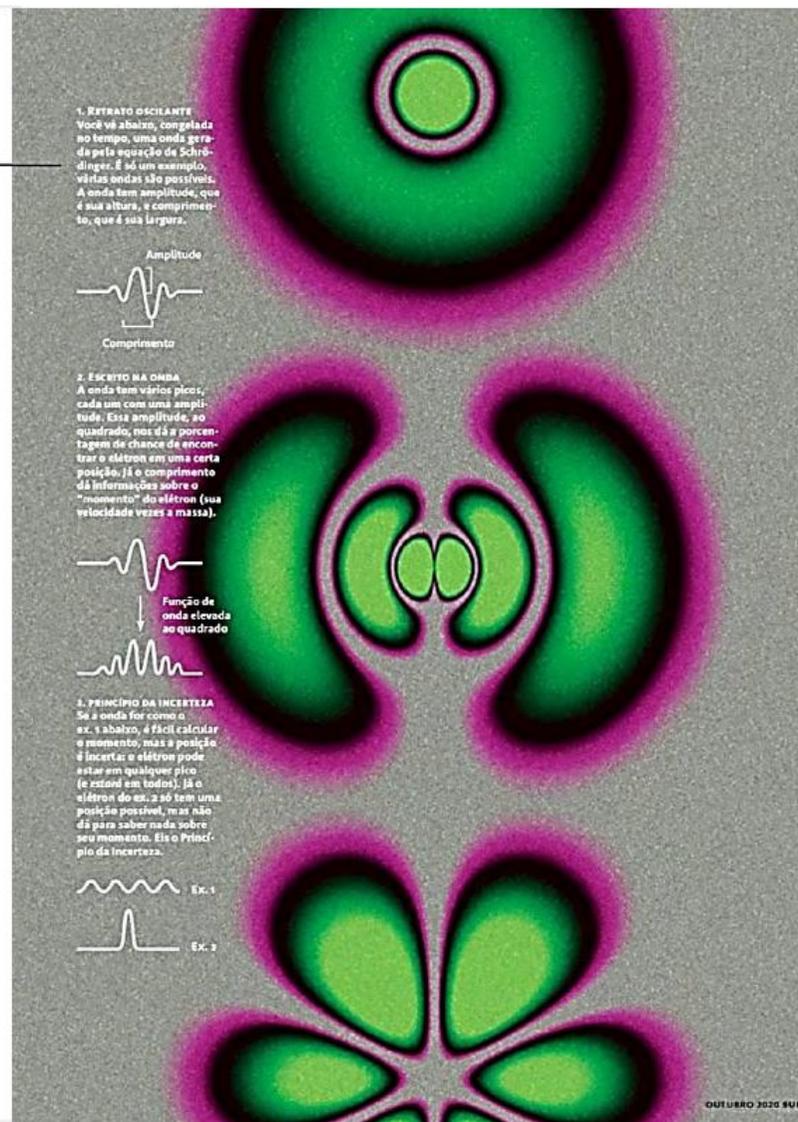
1. REFRAITO OSCILANTE
Você vê abaixo, congelada no tempo, uma onda gerada pela equação de Schrödinger. É só um exemplo, várias ondas são possíveis. A onda tem amplitude, que é sua altura, e comprimento, que é sua largura.

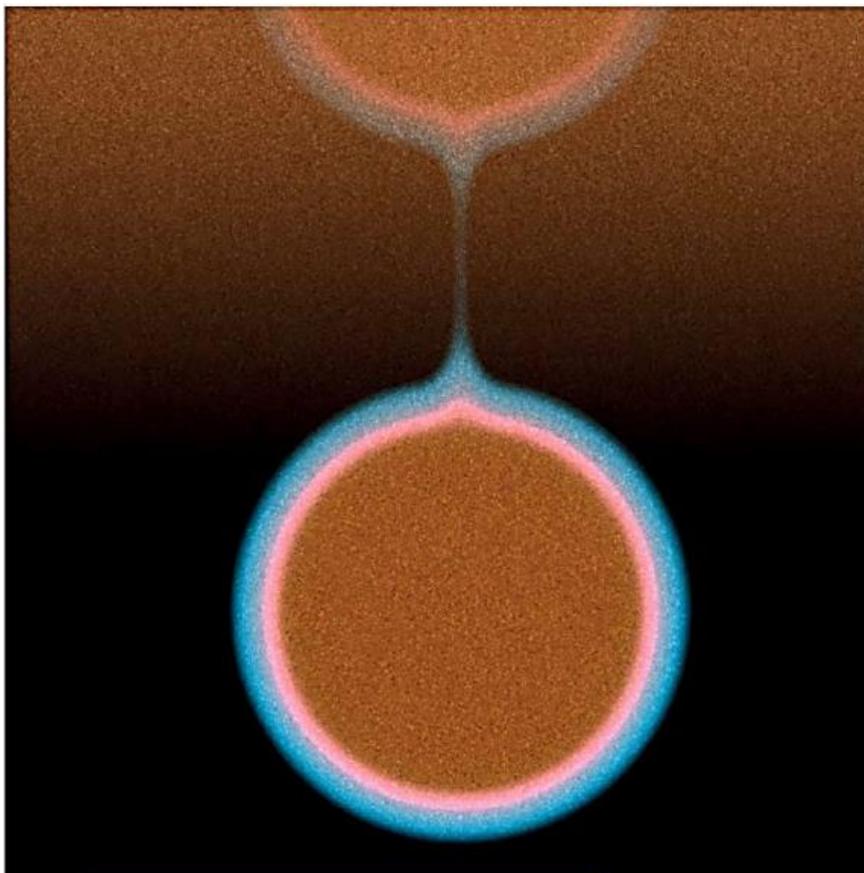


2. ESCRITO NA ONDA
A onda tem vários picos, cada um com uma amplitude. Essa amplitude, ao quadrado, nos dá a porcentagem de chance de encontrar o elétron em uma certa posição. Já o comprimento dá informações sobre o "momento" do elétron (sua velocidade vezes a massa).



3. PRINCÍPIO DA INCERTEZA
Se a onda for como a ex. 1 abaixo, é fácil calcular o momento, mas a posição é incerta: o elétron pode estar em qualquer pico (e estará em todos). Já o elétron da ex. 2 só tem uma posição possível, mas não dá para saber nada sobre seu momento. Eis o Princípio da Incerteza.





TUNELAMENTO: A RAZÃO DO SOL BRILHAR

O Sol é uma usina de fusão nuclear, em que átomos de hidrogênio se fundem para formar átomos de hélio. O núcleo de um átomo de hidrogênio tem só um próton, o de hélio tem dois. Ou seja: a fusão envolve aproximar dois prótons, que se repelem porque têm carga elétrica positiva. Como aproximá-los? Com o tunelamento quântico.

1. INTIMIDADE EXCESSIVA
Todo átomo tem prótons no núcleo. Eles são todos positivos e, por serem iguais, se repelem. Porém, existe outra força, chamada força nuclear forte, que os mantém juntos. Ao contrário do eletromagnetismo e da gravidade, essa força só se manifesta no nível microscópico.

mesmo que você atire um elétron de cada vez, eles continuam formando o padrão de interferência. Pense bem no significado dessa afirmação. Esses elétrons não têm como realmente sofrer a interferência de outros elétrons – afinal, estão percorrendo o trajeto sozinhos. Mas, de alguma forma, eles sofrem. É como dizer que houve uma colisão em uma estrada em que há um carro só. Isso acontece porque a função de onda do elétron cruza as duas fendas, se divide ao meio e interfere consigo mesma.

Outra modificação no experimento da dupla-fenda: coloque um detector ao lado das fendas, para descobrir exatamente por qual delas cada elétron passa. Quando isso acontece, eles abandonam o padrão de interferência. Desistem de se comportar como ondas e passam a agir como partículas, que atravessam as fendas em linha reta. Isso acontece por causa de algo chamado *colapso da função de onda*. Quando você mede um sistema quântico, o sistema "opta" por uma das probabilidades oferecidas pela equação de Schrödinger e descarta as outras. Lembra que a amplitude da onda, ao quadrado, indica a porcentagem de chance de que o elétron esteja em cada lugar? Então: ele escolhe um dos lugares.

O problema é que a equação de Schrödinger não diz nada sobre o momento do colapso. Não existe consenso sobre o que acontece quando o elétron opta por uma alternativa e descarta as demais. Aqui surgem as

interpretações da mecânica quântica. A interpretação mais típica e ensinada é a de Copenhague, associada a Niels Bohr e sua turma (ele era dinamarquês, daí o nome). Foi essa interpretação, grosso modo, que seguimos até aqui: o elétron existe como uma sobreposição de estados, descrita pela função de onda, até ele interagir com o instrumento de medição no laboratório e optar por um estado.

O próprio Schrödinger não gostava nada dessa história. Ele não achava que a natureza funcionasse dessa maneira. Que um elétron de fato não está em um estado definido até que um instrumento o observe. Não é porque a câmera está fora de foco que o objeto lá atrás está realmente borrado. Nossas equações dão uma visão tremulante, mas a realidade microscópica deve ser cristalina.

Para explicar seu ponto, ele usou um exemplo que ele próprio chamou de "ridículo": trancar um gato numa caixa com um mecanismo radioativo que tem 50% de chance de matá-lo – e então dizer que ele está vivo ou morto ao mesmo tempo até que alguém abra a caixa e veja se ele morreu ou não. É óbvio que, se for para o bichano morrer, ele já terá morrido antes da abertura; o ato de observar não pode decidir isso. Com a metáfora do gato, Schrödinger quis dizer que, quando a matemática afirma que o elétron tem uma certa porcentagem de chance de estar aqui ou ali, na verdade o elétron já está em um desses lugares. Nossa capacidade de previsão que é incompleta.

O felino também se tornou protagonista de um outro debate: será que a função de onda só entra em colapso quando um observador humano consciente abre a caixa? Ou será que o bichano já conta como observador – e é capaz de tirar a si próprio

da suspensão entre a vida e a morte? Para Bohr, estava tudo bem: ele nunca disse que o colapso só ocorre na presença de um ser consciente (embora outros físicos já tenham defendido algo nessa linha). O experimento permanece, porém, como um artifício em discussões mais filosóficas sobre a mecânica quântica, e sinônimo da estranheza do mundo microscópico no imaginário popular. Enquanto essas dúvidas assombravam vários dos veteranos, as gerações seguintes deram o próximo passo na descrição do mundo microscópico.

A teoria quântica de campos

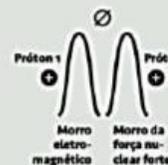
Uma palavra nem sempre significa a mesma coisa para nós e para um físico. É o caso de "campo", que definitivamente não é uma pradaria gaúcha. Campo é qualquer coisa que tem um valor em cada ponto do espaço. Imagine uma piscina de 1,80 m de profundidade com a água parada. Se você analisar a superfície da piscina como um campo, dirá que todos os pontos têm o valor de 1,80 m. Esse é o valor de equilíbrio. Quando alguém pula na piscina, gera ondas. Essas ondas fazem a superfície da água oscilar. O campo fica acima ou abaixo do valor de equilíbrio conforme a onda está na crista ou no vale.

Por que estamos falando de campos? Bem: os físicos do século 19

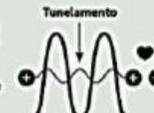
O GATO DE SCHRÖDINGER NÃO FICA VIVO E MORTO SIMULTANEAMENTE. A IDEIA É JUSTAMENTE ILUSTRAR QUE ISSO SERIA ABSURDO.

2. SUPERANDO A BARREIRA

Para grudar dois prótons que estão separados, é preciso aproximá-los o suficiente para superar a barreira da repulsão eletromagnética. Assim, a força forte entra em cena e cola os dois. Mas o próton não vai subir esse morro sozinho. Ele não tem essa energia toda.



3. AMIGOS PARA SEMPRE
Porém, se a função de onda do próton ficar com só uma pontinha do outro lado da barreira, então há uma chance real de que ele brote do outro lado e forme um hélio com o outro próton. Isso acontece no núcleo do Sol o tempo todo, e permite que ele ilumine a Terra.



APÊNDICE A – ETAPA QUARK: QUESTIONÁRIO

Escola: _____

Aluno(a): _____

Série: _____ - Turma: _____ - Data: ____/____/____

Profª Maria Paula

Questionário

Refletindo sobre conceitos da Física Moderna e Contemporânea!

1- Desde criança ouvimos que a matéria é feita de átomos. Átomos são compostos por partículas: prótons, nêutrons e elétrons e outras menores, como por exemplo os fótons e os quark. A luz também é composta de partículas. Desta forma, pode-se afirmar que a luz:

- a) São partículas energizadas a partir do campo gravitacional.
- b) Pode se comportar de forma corpuscular e ondulatória de acordo com a Física Quântica.
- c) São elétrons carregados positivamente.
- d) São pequenas partículas estacionárias que necessitam de um potencial.

2- As lâmpadas de postes das luminárias de ruas acendem automaticamente ao anoitecer. Para que não haja desperdício de energia elétrica, um dispositivo elétrico é utilizado para que as lâmpadas só acendam quando uma determinada quantidade de luz é incidida no ambiente, permitindo assim, a passagem de corrente elétrica no circuito. Que dispositivo é esse e como ele funciona?

- a) Capacitor de placas paralelas. Serve para o armazenamento de cargas elétricas em seu interior.
- b) Resistor elétrico. Serve para limitar o fluxo de cargas elétricas em um circuito.
- c) Indutor elétrico. É um fio enrolado por espiras que é percorrido por uma corrente elétrica variável, sendo essa sua principal característica.
- d) LDR. Um resistor com capacidade de variar a resistência de acordo com a luminosidade do ambiente.

3- Diodos são componentes que estão presentes em circuitos elétricos dos eletrodomésticos que utilizamos em nossas casas. Qual função em um diodo em um circuito?

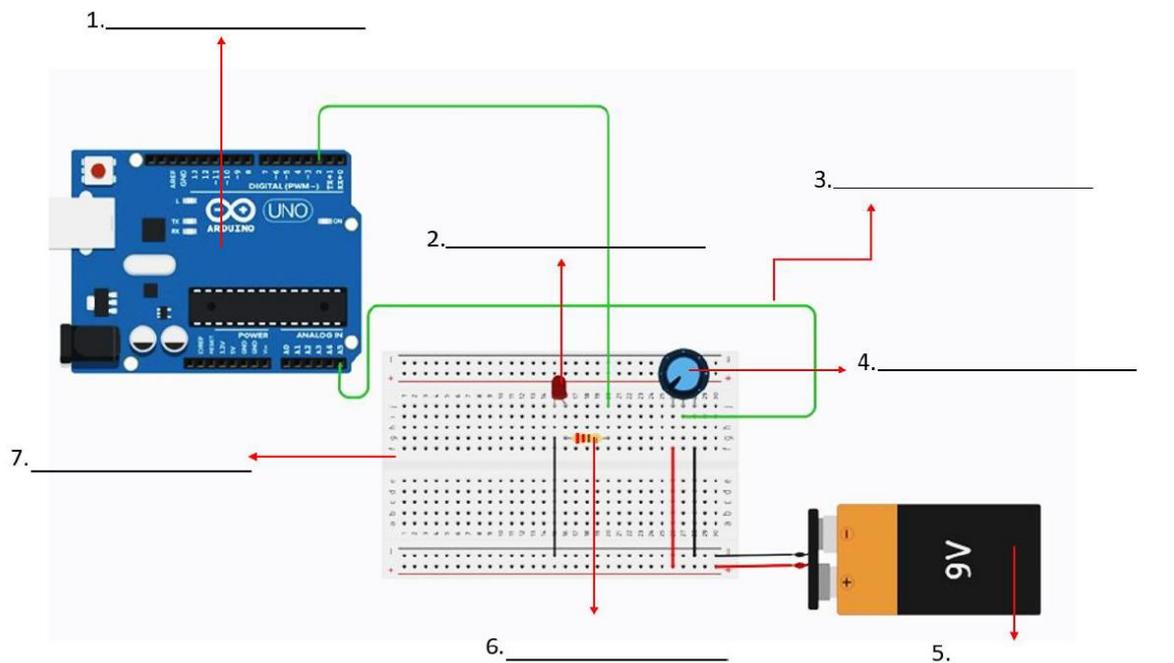
- a) componente que permite a passagem da corrente elétrica somente em um sentido.
- b) um limitador de resistência elétrica de um circuito elétrico.
- c) armazenador de energia.
- d) um fio enrolado em espiras.

4- As lâmpadas que utilizamos em nossas residências passaram por evoluções: incandescentes, fluorescentes e, atualmente, as lâmpadas do tipo LED, que estão sendo utilizadas nas residências, comércio, indústrias, telas de exibição, sinalização semafórica entre outros. Dentre os diversos usos, cite duas vantagens da utilização dessa nova tecnologia.

5- Em 1989, a empresa Erickson Mobile introduziu a ideia de criar fones de ouvido com uma tecnologia sem fio. Jaap Haartsen foi o primeiro engenheiro a apresentar um protocolo que desde então chamamos de *bluetooth*, e só 10 anos depois, foi construído um headphone, ou fone de ouvido com essa tecnologia. O funcionamento Bluetooth é bem parecido com o wi-fi, que comumente utilizamos hoje em dia para termos acesso à internet. Considerando as alternativas abaixo, qual seria a diferença entre wi-fi e bluetooth:

- Tanto o wi-fi como o bluetooth utilizam ondas de rádio para transmitir dados entre dispositivos, porém o wi-fi exige senha para conexão com a internet.
- O wi-fi é mais lento que o bluetooth, porém é a tecnologia mais adequada para troca de arquivos pequenos em celulares, uma vez que seu consumo de energia é baixíssimo.
- Ambos são tecnologias sem fio para fins de conexão entre dispositivos, mas enquanto o bluetooth é usado para conectar dispositivos a internet, o wi-fi é usado para conectar dispositivos uns aos outros.
- Não há diferença alguma.

6- No circuito abaixo, quais os componentes você conhece, conforme as indicações numéricas? Escreva o nome de cada componente ao lado do respectivo número:



APÊNDICE B – ETAPA *ELÉTRON*: QUESTIONAMENTOS.

FÍSICA QUÂNTICA

ENTENDA DE UMA VEZ – OU NÃO

ALUNOS:

ETAPA: ELÉTRON

 RESPONDA AOS QUESTIONAMENTOS SOMENTE QUANDO FINALIZAR A LEITURA DO ARTIGO DA REVISTA!

2023

Q.1 – QUAL PRINCIPAL FUNDAMENTO DO EFEITO FOTOELÉTRICO?

Q.2 – O QUE É UM FÓTON?

Q.3 – $E = hf$, EXPLIQUE O QUE ESSA EQUAÇÃO SIGNIFICA.

Q.4 – COMO EXPLICAR A DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA?

APÊNDICE C – ETAPA *PRÓTON*: MANUAL DE MONTAGEM E DADOS.

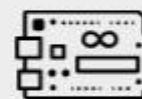


ALUNOS:

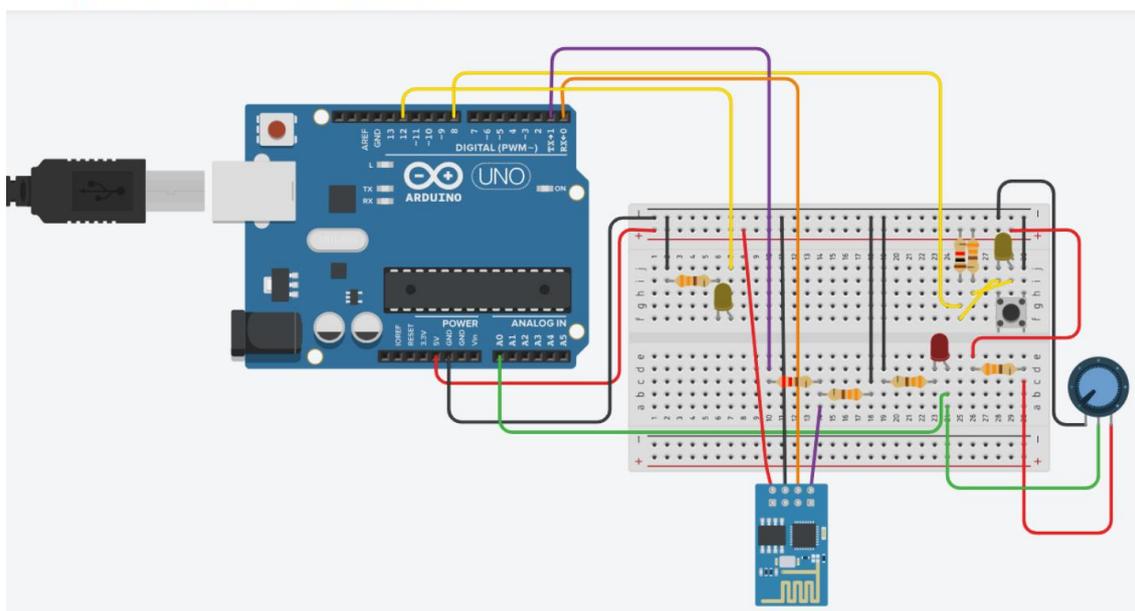
ETAPA: *PRÓTON*

OBJETIVO

UTILIZAR O MÓDULO HC-05 PARA ENVIAR DADOS DO ARDUINO PARA O CELULAR, COM A INTENÇÃO DE CALCULAR A CONSTANTE DE PLANCK.



MONTAGEM



DADOS DO EXPERIMENTO

Cor do LED:

Comprimento de onda (μm):

Tensão (Volts):

Valor da constante de Planck: