

**RELATÓRIO – ESPECTROFOTÔMETRO
COM ARDUINO**

ELEN GLEICE CARDOSO FRAZÃO
SARAH RAQUEL SILVA SOARES
GABRIEL HENRIQUE COSTA MENEZES
YAN ROCHA SILVA ALVES
JOSUÉ SILVA FRANÇA
CLEVERTON DE SOUSA RODRIGUES

DISCIPLINA: PRÁTICA DE MICROCONTROLADORES
PROFESSOR: RAPHAEL DE MEDEIROS SOUTO MAIOR
BALTAR
PERÍODO:2024.1

SÃO LUÍS,MARANHÃO

SUMÁRIO

- 1. INTRODUÇÃO**
- 2. OBJETIVO DO PROJETO**
- 3. PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO**
 - 3.1 LEI DE LAMBERT- BEER**
- 4. COMPONENTES UTILIZADO**
- 5. MONTAGEM DO CIRCUITO**
- 6. CÓDIGO DO PROJETO**
- 7. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS**
- 8. RESULTADOS ESPERADOS**
- 9. CONCLUSÃO**

1. INTRODUÇÃO

espectrofotômetro é um instrumento fundamental em diversas áreas da ciência, como química, biologia e física, sendo utilizado para a análise quantitativa de substâncias em solução. Sua função principal é medir a quantidade de luz que uma amostra absorve ou transmite em diferentes comprimentos de onda, possibilitando a determinação da concentração de compostos químicos, em uma solução, sendo muito usada em laboratórios de análises clínicas. Tradicionalmente, espectrofotômetros são dispositivos caros e sofisticados, presentes em laboratórios de pesquisa e indústrias. No entanto, com o avanço das plataformas de prototipagem eletrônica, como o Arduino, tornou-se possível desenvolver versões simplificadas e de baixo custo desses aparelhos, tornando a tecnologia acessível para ambientes educacionais e projetos de pesquisa de baixo orçamento.

Utilizando componentes básicos, como LEDs, sensores de luz e cubetas, o espectrofotômetro com Arduino pode realizar medições de absorbância e transmitância de forma eficiente e precisa, respeitando os princípios fundamentais da Lei de Beer-Lambert, que correlaciona a absorção de luz com a concentração de uma substância em solução. Essa abordagem abre novas possibilidades para o desenvolvimento de ferramentas científicas personalizadas, permitindo que estudantes, educadores e entusiastas de tecnologia explorem os conceitos de espectrofotometria de maneira prática e acessível. Este relatório explora o processo de construção de um espectrofotômetro utilizando o Arduino, detalhando os componentes necessários, a montagem do circuito, o código de funcionamento e as aplicações possíveis desse dispositivo.



2.OBJETIVO DO PROJETO

O objetivo deste projeto é desenvolver um espectrofotômetro utilizando a plataforma Arduino, capaz de medir a transmitância e absorbância de soluções químicas, permitindo a determinação da concentração de substâncias de forma acessível e eficiente. A construção deste dispositivo visa proporcionar uma alternativa de baixo custo em relação aos espectrofotômetros comerciais, mantendo a precisão suficiente para uso em experimentos educacionais, projetos de pesquisa e atividades de laboratório. Além disso, o projeto pretende incentivar o aprendizado de princípios de eletrônica e espectrofotometria, integrando hardware e software de forma prática e didática.

3.PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

A espectrofotometria é um método de análise que estuda a interação qualitativa e quantitativa de absorbância da radiação eletromagnética com a matéria; cada composto químico absorve, transmite ou reflete luz ao longo de um determinado intervalo de comprimento de onda. Ela tem como principal objetivo quantificar e identificar a concentração dos compostos em uma solução, sendo muito usada em laboratórios de análises clínicas.

Grande parte dos métodos de análise bioquímica envolve a determinação espectrofotométrica de compostos corados, obtido pelas reações que resultam em soluções coloridas são aparelhos responsáveis pela medição da intensidade de cor, e possuem uma fonte estável de energia radiante; um seletor de faixa espectral (monocromatizadores como os prismas, para selecionar o comprimento de onda da luz que passa através da solução de teste); um recipiente para colocar a amostra a ser analisada (cubetas e tubos de ensaio); e um detector de radiação, que permite uma medida relativa da intensidade da luz (figura 1).



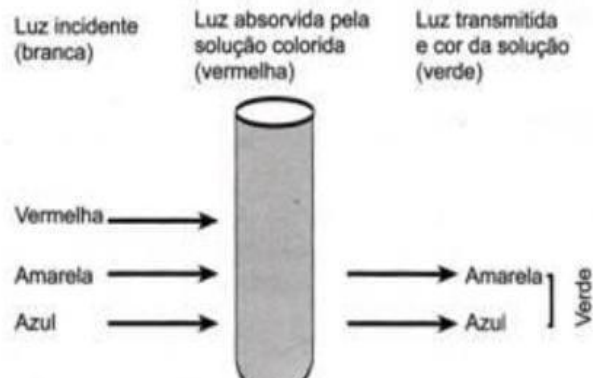
Figura 1: Funcionamento interno de um espectrofotômetro.

Quando um feixe de luz monocromática atravessa uma solução com moléculas absorventes, parte da luz é absorvida pela solução e o restante é transmitido, a absorbância de luz é medida de 0 a 1 e depende dos seguintes fatores da lei de Lambert-Beer: cor do composto ou do tipo de ligações químicas presente; do tamanho da partícula, da transparência da solução; e a combinação dos fatores acima. Portanto, a intensidade da absorção é proporcional à concentração da solução, quanto mais concentrada for a solução, maior será a absorção de luz, por outro lado, a cor da solução é determinada pela cor da luz transmitida.

Uma solução aparece como branca porque reflete luzes de todas as cores e uma solução que absorve luzes de todas as cores aparece como preta. Uma solução verde quando absorve a luz vermelha reflete a luz verde (amarelo azul), a qual é denominada luz complementar (figura 2). Relacionando a cor de luz com a cor complementar na tabela abaixo.

Comprimento de onda	Cor absorvida	Cor complementar
Abaixo de 380	Ultravioleta	
380 a 435	Violeta	Verde-amarelado
435 a 480	Azul	Amarelo
480 a 490	Azul-esverdeado	Alaranjado
490 a 500	Verde-azulado	Vermelho
500 a 560	Verde	Púrpura
560 a 580	Verde-amarelado	Violeta
580 a 595	Amarelo	Azul
595 a 650	Alaranjado	Azul-esverdeado
650 a 780	Vermelho	Verde-azulado
Acima de 780	Infravermelho	

Tabela 1: comprimento de ondas de diversas cores e seus complementos.



Figura

Figura 2: por que as soluções são coloridas.

3.1 LEI DE LAMBERT- BEER

1. O que é a Lei de Lambert-Beer?

A Lei de Lambert-Beer (ou Lei de Beer-Lambert) descreve a relação entre a quantidade de luz absorvida por uma solução e a concentração da substância presente nela. De forma simples, ela afirma que a absorvância de uma solução é diretamente proporcional à concentração do soluto e ao comprimento do caminho que a luz percorre na solução.

A fórmula básica é: $A = e \cdot l \cdot c$

Onde:

- A é a absorvância
- e é o coeficiente de absorção (uma constante que depende da substância e do comprimento de onda da luz),
- l é O caminho óptico (a distância que a luz atravessa na solução),

- c é a concentração da substância.

2. Como a Lei Funciona na Prática

Quando um feixe de luz passa por uma solução parte dessa luz é absorvida pelas moléculas da substância. A Lei de Lambert-Beer ajuda a calcular quanta luz foi absorvida, levando em consideração dois fatores principais .

- Concentração da substância: Quanto maior a concentração, mais luz é absorvida.
- Caminho óptico: Um maior caminho óptico (distância que a luz percorre na solução) também resulta em maior absorção de luz.

Na prática, se você souber a absorvância e o comprimento de onda utilizados, pode calcular a concentração da substância na solução. Isso é muito útil em experimentos químicos, como na espectrofotometria, onde medimos a quantidade de luz que atravessa uma solução.

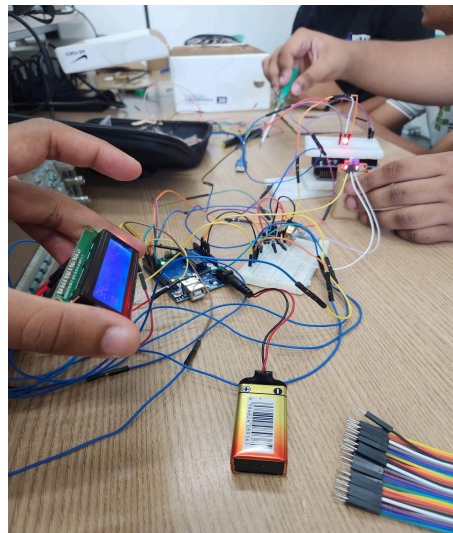
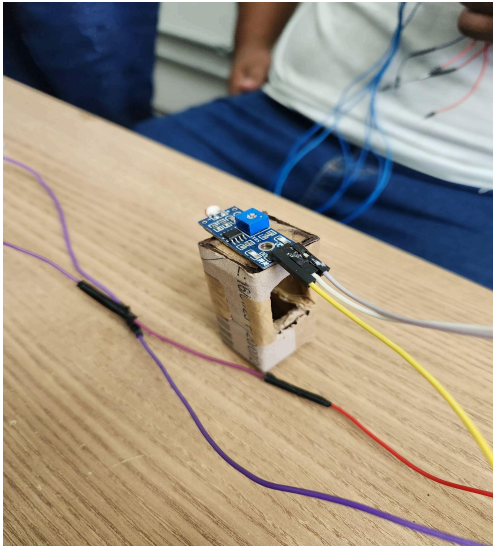
3. Limitações e Aplicações

A Lei de Lambert-Beer funciona bem em soluções diluídas, onde a absorvância e a concentração têm uma relação linear clara. Em concentrações muito altas, essa linearidade pode ser afetada, e a lei se torna menos precisa.

Essa lei é amplamente utilizada em análises químicas para determinar a concentração de substâncias, especialmente em laboratórios que utilizam espectrofotômetros. Ela é fundamental em áreas como química, biologia, medicina e indústria farmacêutica, onde medir a quantidade de um composto em uma solução é essencial

4.COMPONENTES UTILIZADOS

- Arduino Uno
- Resistores
- Led RGB
- Potenciômetro
- Módulo Sensor de Luminosidade (LDR)
- Cubeta
- Display LCD
- Protoboard
- Junpers
- Cano PVC
- Caixa de sapato
- Papelão
- Fita
- Solução corante destinada
- Água destilada
- Solução de azul de metileno com as concentrações em $\%(m\backslash v)$:1; 2,5; 0,5.
- Pipeta
- Bateria de 9v



5.MONTAGEM DO CIRCUITO

A montagem do espectrofotômetro com Arduino envolve a utilização de um LED RGB para gerar diferentes comprimentos de onda, um sensor de luz para medir a intensidade da luz transmitida pela amostra, e um potenciômetro para ajustar o contraste de um display LCD, que exibirá os resultados em tempo real. O uso do LED RGB permite que o espectrofotômetro opere em diferentes faixas de comprimento de onda, oferecendo maior flexibilidade para analisar amostras que respondem a cores específicas.

Conexão do led RGB :

- O pino comum do LED (anodo ou catodo, dependendo do tipo) foi conectado ao VCC (anodo comum) do Arduino.
- Os pinos de cor (Vermelho, Verde e Azul) do LED RGB serão conectados nos pinos 10,9 e 8, pinos PWM do Arduino, para permitir o controle da intensidade de cada cor.

Conexão do sensor LDR:

- O terminal 1 do sensor foi conectado ao VCC (anodo comum) Este terminal é conectado ao pino de 5V do Arduino.
- No terminal 2 do sensor terminal foi conectado ao pino analógico A0 do Arduino.
- Um resistor de 10 k Ω foi conectado entre o terminal 2 (Sinal) e o GND do Arduino.

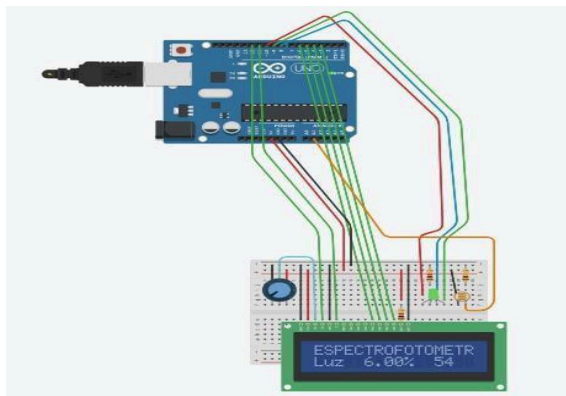
Conexão do Display LCD :

- GND- GND protoboard;

- VCC- VCC protoboard;
- VO - pino 2 (pot); saída;
- RS- pino 12 arduino (digital)
- RW- GND protoboard;
- E - pino 11(digital)
- D4 - pino 6 (digital)
- D5 - pino 5 (digital)
- D6 - pino 4 (digital)
- D7 - pino 3 (digital)
- A - resistor(1k); Vcc;
- K - GND

Conexão do Potenciômetro




- Pino 1 - GND
- Pino 2 - VO
- Pino 3 - VCC



6.CÓDIGO DO PROJETO

O código utilizado para este trabalho (Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6) tem como função imprimir no IDE do Arduino os valores lidos no sensor LDR e, ao mesmo tempo, mostra a média móvel dos valores e sua porcentagem referente ao valor de absorbância da solução. Nesta etapa são trabalhados os conhecimentos da disciplina de Algoritmos e Programação com uso de laboratório de Informática.

Texto



1 (Arduino Uno R3)

```
1 // inclusao da biblioteca 'LiquidCrystal'
2 #include <LiquidCrystal.h>
3
4
5 int ledAzul = 8;
6 int ledVerde = 9;
7 int ledVermelho = 10;
8
9 int ldr;
10
11 int corAtual = 0;
12 float percentual;
13
14 LiquidCrystal lcd(12, 11, 6, 5, 4, 3);
15
```

```
15
16 void setup()
17 {
18
19
20
21   lcd.begin(16, 2); // Configura o LCD como 16 colunas e 2 linhas
22   lcd.setCursor(0, 0);
23   lcd.print("ESPECTROFOTOMETRO!"); // Exibe um texto simples
24
25   Serial.begin(9600); //iniciar a comunicação serial
26   Serial.println("\n\nESPECTROFOTOMETRO!");
27
28   pinMode(ledAzul, OUTPUT);
29   pinMode(ledVerde, OUTPUT);
30   pinMode(ledVermelho, OUTPUT);
31
32
33 }
```

```
35 void loop()
36 {
37
38   switch (corAtual) {
39     case 0:
40       Vermelho(); // Função para acionamento na cor vermelha
41       break;
42     case 1:
43       Verde(); // Função para acionamento na cor verde
44       break;
45     case 2:
46       Azul(); // Função para acionamento na cor azul
47       break;
48   }
49
50
51   corAtual++; // Passa para a próxima cor no próximo ciclo
52   if (corAtual > 2) { // Se todas as cores já passaram, reinicia o ciclo
53     corAtual = 0;
54   }
55
56   delay(1000);
57   for (int i = 0; i < 18; i++) {
58     lcd.scrollDisplayLeft();
59     delay(150); // Ajuste o valor do delay para controlar a velocidade
60   }
61
```

```
61
62   delay(500); // Espera um pouco antes de começar novamente
63
64   // Opcional: rolar de volta para a direita (pode remover esta parte se não quiser rolar de volta)
65   for (int i = 0; i < 18; i++) {
66     lcd.scrollDisplayRight();
67     delay(150);
68   }
69
70   delay(1000);
71
72
73   //leitura do LDR
74   ldr = analogRead(A1);
75   //float percentual = map(ldr,0.0,1023.0,0.0,100.0);
76   float percentual = map(ldr,1023.0,0.0,100.0,0.0);
77
78   //envia dados para o serial monitor
79   Serial.print("Luz: ");
80   delay(50);
81
82   //envia dados para o serial monitor
83   Serial.print(percentual);
84   Serial.print("% ");
85   Serial.print(ldr);
86   Serial.print("\n");
87
```

```

87
88 //Define posição do lcd
89 lcd.setCursor(0, 1); // Exibe na segunda linha
90 lcd.print("Luz ");
91 lcd.print(percentual);
92 lcd.print("% ");
93 lcd.print(ldr);
94
95
96 delay(2000); //intervalo de 5 segundos para o sensor capturar a luz
97
98 DesligarLuzes();
99 delay(50);
100
101 }
102
103
104 void Vermelho() {
105     digitalWrite(ledVermelho, HIGH); // Liga vermelho
106 }
107
108 void Verde() {
109     digitalWrite(ledVerde, HIGH); // Liga verde
110 }
111
112 void Azul() {
113     digitalWrite(ledAzul, HIGH); // Liga azul
114 }
115
116 void DesligarLuzes() {
117     digitalWrite(ledAzul, LOW); // Desliga azul
118     digitalWrite(ledVerde, LOW); // Desliga verde
119     digitalWrite(ledVermelho, LOW); // Desliga vermelho
120 }
121

```

Monitor serial

7.PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para entender como funciona o espectrofotômetro é ver o seu funcionamento na prática, utilizamos nesse experimento a substância azul de metileno que foi dividida em ppm(parte por milhão),que é uma unidade de medida de concentração usada para quantificar a quantidade de substância em relação à outra.

Utilizamos uma solução aquosa, significando que 1 ppm dessa substância têm 1 (mg) da substância devolvida em 1 litros de água, já que um litro pesa aproximadamente 1 milhão de miligramas (mg) , utilizamos então 5 ppm de azul de metileno ; 2,5 ppm de azul de metileno;1 ppm de azul de metileno, cada quantidade de substância fornece um comprimento de onda diferente que resulta no nosso caso em três absorvâncias diferentes.



O comprimento de onda no espectrofotômetro é essencial porque determina a faixa de luz que será utilizada para medir a absorção de uma substância. Cada substância tem um comportamento específico em relação à absorção de luz em diferentes comprimentos de onda, de acordo com suas propriedades moleculares. A escolha correta do comprimento de onda influencia diretamente a precisão e a validade dos resultados das medições de concentração e absorção.

Cada substância química absorve luz de maneira diferente, dependendo do comprimento de onda. Essa absorção ocorre porque as moléculas da substância têm grupos específicos que interagem com a energia da luz em determinadas faixas de comprimento de onda. Por exemplo, uma solução de azul de metileno absorve mais fortemente a luz vermelha (utilizamos o comprimento de onda fixo de 664 nm), pois suas moléculas interagem com esse comprimento de onda, resultando na absorção de energia e na mudança de estado eletrônico. O comprimento de onda no espectrofotômetro é fundamental para garantir que as medições sejam precisas, sensíveis e específicas à substância analisada.

No laboratório tinha o azul de metileno de 5 ppm, então foi diluído em água pura , segundo a fórmula de diluição : $C_1.V_1 = C_2.V_2$

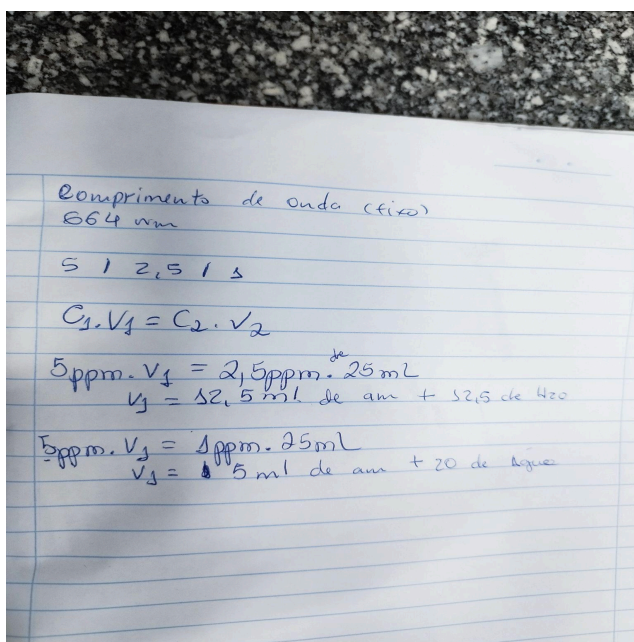
Onde:

C = concentração;

V = volume;

1 = dados da solução estoque

2 = dados da nova solução



5ppm.V1= 2,5AM.25ml

V1=12,5ml de AM+12,5 de H2O

// 100 ml de H2O

25 ml de AM

Com isso , começamos então o experimento no espectrofotômetro

SUBSTÂNCIA	ABSORVÂNCIA
1 ppm	0,307
2,5 ppm	0,739
5 ppm	1,385

Nós podemos usar essa absorbância em função da concentração pois elas tem uma relação linear que é usada pra quantificar a concentração de solutos em uma solução a partir da quantidade de luz absorvida por essa solução, a absorbância é diretamente proporcional a concentração da substância na solução, ou seja, conforme a concentração de uma substância aumenta, a absorbância também aumenta, significando assim que se tem baixa concentração, pouca luz é absorvida e a absorbância é baixa, e se tem alta concentração, mais luz é absorvida e a absorbância é maior.

SUBSTÂNCIA	CONCENTRAÇÃO
1 ppm	1,3259
2,5 ppm	3,5
5 ppm	6

8.RESULTADOS ESPERADOS

Ao realizar o experimento de espectrofotometria utilizando o espectrofotômetro com Arduino, espera-se obter resultados que comprovem a eficiência do dispositivo na medição de concentrações de substâncias em solução, com base na absorção de luz. Com respostas adequadas a Diferentes Comprimentos de Onda: Ao utilizar o LED RGB, o espectrofotômetro respondeu de maneira distinta a cada comprimento de onda selecionado (vermelho, verde, azul).

Agulha de medição

TESTE 2 e 5 ppm

10 Teste	5 ppm	10 ppm	2 e 5 ppm
Azul	100%	1021	9,00% 89
Verde	10%	158	9,00% 89
Vermelho	100%	1021	9,00% 89

Teste	5 ppm	10 ppm	Teste	5 ppm
Azul	11%	107	10%	101
Verde	10%	100	10%	99
Vermelho	10%	96	10%	98

Agulha 1 e 2 Teste

1 Teste	2 Teste
Azul	100% 1018
Verde	11% 1070 - 9% 83
Vermelho	100% 1021

Agulha de medição

1 Teste	5 ppm	10 ppm
Azul	11%	107
Verde	11%	108
Vermelho	11%	107

1 Teste	5 ppm	10 ppm
Azul	9%	88
Verde	9%	89
Vermelho	100%	1021

9. CONCLUSÃO

O experimento envolvendo a construção de um espectrofotômetro com Arduino demonstrou a viabilidade de utilizar tecnologias de baixo custo para realizar análises quantitativas de soluções, como a medição da absorbância de substâncias. Através do desenvolvimento do dispositivo e da aplicação da Lei de Beer-Lambert, foi possível estabelecer uma relação linear clara entre a concentração de uma substância e sua absorbância, comprovando a eficácia do espectrofotômetro. A implementação do LED RGB como fonte de luz permitiu explorar diferentes comprimentos de onda, o que reforça a flexibilidade do sistema para medir substâncias que absorvem luz em diferentes faixas do espectro visível. Além disso, o uso do potenciômetro no display LCD otimizou o controle do brilho e a leitura dos dados, tornando o dispositivo mais eficiente e preciso.

Os resultados obtidos foram consistentes com o esperado, mostrando que o sistema desenvolvido pode ser utilizado de forma confiável em ambientes de ensino e pesquisa. Embora se trate de uma solução simplificada em relação aos espectrofotômetros comerciais, a abordagem proposta apresenta um excelente custo-benefício para aplicações didáticas e de baixo orçamento, além de oferecer uma plataforma de fácil modificação e expansão. Assim, este projeto destaca o potencial do uso de sistemas microcontrolados como o Arduino em experimentos científicos, fornecendo uma alternativa acessível para a realização de medições de concentração, com precisão adequada e resultados reproduzíveis.

