

Análise do processo de absorção e dispersão de radiação térmica com microcontrolador arduino e sensores Ds18b20

Jesus, T. A. C.^{1*}; Ferracioli, L.²; Passos, C. A. C.²

1 Programa Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

2 Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.

* e-mail: thiagoauergr@gmail.com

Resumo

Neste trabalho foi implementado um experimento de Física que tem por objetivo investigar a absorção de radiação eletromagnética e o subsequente incremento térmico em superfícies de distintas cores e propriedades materiais. Para tanto, foram empregadas quatro latas de alumínio, sendo de cores vermelha, branca, preta e uma última revestida por folha de alumínio. As latas foram dispostas em uma caixa cujas paredes internas foram igualmente revestidas com papel alumínio, submetidas à irradiação proveniente de uma lâmpada incandescente estrategicamente posicionada na tampa da caixa. Tal lâmpada emite radiação tanto no espectro visível quanto no infravermelho. As medidas de temperatura de cada lata foram realizadas por meio de sensores DS18B20 integrados a um microcontrolador Arduino Nano com display LCD para visualizar os dados. O experimento foi realizado e acompanhado por uma turma de 28 alunos da segunda série do ensino médio. Os dados experimentais revelaram uma relação direta entre a coloração das latas e a quantidade de radiação absorvida, com a lata preta registrando o maior aumento de temperatura, seguida pela lata vermelha, branca, e, por fim, a lata revestida com papel alumínio, que refletiu a maior parte da radiação incidente. Este experimento é um exemplo da aplicação prática de conceitos fundamentais da Física, como a absorção de fótons, em conjunto com tecnologias atuais, permitindo medições de variáveis físicas.

Palavras chaves: Absorção de Fótons, Arduino, Ensino de Física

Abstract

This work implemented a physics experiment that aims to investigate the absorption of electromagnetic radiation and the subsequent thermal increase on surfaces of different colors and material properties. For this purpose, four aluminum cans were used, one red, one white, one black and the last one covered with aluminum foil. The cans were placed in a box whose internal walls were also covered with aluminum foil, subjected to irradiation from an incandescent lamp strategically positioned on the lid of the box. This lamp emits radiation in both the visible and infrared spectrums. The temperature measurements of each can were performed using DS18B20 sensors, integrated into an Arduino Nano microcontroller with an LCD display to visualize the data. The experiment was carried out and followed by a class of 28 second-year high school students. The experimental data revealed a direct relationship between the color of the cans and the amount of radiation absorbed, with the black can registering the greatest temperature increase, followed by the red and white cans, and finally the can covered with aluminum foil, which reflected most of the incident radiation. This experiment is an example of the practical application of fundamental concepts of Physics, such as photon absorption, together with current technologies, allowing measurements of physical variables.

Keywords: Photon Absorption, Arduino, Physics Teaching

1. Introdução

O estudo da interação da radiação eletromagnética com a matéria constitui um dos pilares da Física moderna, sendo essencial para a compreensão de fenômenos em diversas áreas do conhecimento científico. A absorção de radiação é um fenômeno elementar, especialmente quando se considera a interação entre diferentes materiais e comprimentos de onda específicos. Os fenômenos ondulatórios, como a propagação da luz e sua absorção são fundamentais para o entendimento do experimento proposto neste trabalho. A radiação emitida por uma lâmpada incandescente, que abrange tanto o espectro visível quanto o infravermelho, ao interagir com a matéria, responde de formas variadas, pois depende das características da superfície, como por exemplo, da cor do material. Superfícies escuras absorvem a maior parte da radiação incidente, resultando em um significativo aumento de temperatura. Em contrapartida, superfícies claras ou altamente reflexivas tendem a refletir a maior parte da radiação, exibindo, consequentemente, uma menor elevação térmica (Scarinci & Marineli, 2014). Esse conceito é frequentemente explorado em estudos sobre eficiência energética, onde o uso de cores claras é recomendado para minimizar a absorção de calor em edificações.

Dentro do estudo da Física contemporânea, a manipulação quantitativa dessas interações tornou-se acessível com o surgimento de plataformas como o Arduino, que possibilitam o desenvolvimento de dispositivos de medição customizados e eficientes. A aplicação de sensores aliados a estas plataformas têm se consolidado em experimentos devido à sua versatilidade e acessibilidade, além de promover uma curiosidade e criatividade do estudante permitindo ao professor realizar interdisciplinaridade entre disciplinas (Passos, 2023). Estudos como o de Jesus & Ferracioli (2023), Menelli et al. (2019) e da Rosa et al. (2016) mostram como o Arduino pode ser útil no ensino de Física na aquisição de dados em tempo real, permitindo medidas de fácil acesso.

Neste trabalho utilizamos sensores de temperatura DS18B20 conectados a um microcontrolador Arduino Nano para medir a temperatura de latas de refrigerante coloridas. As latas foram dispostas dentro de uma caixa de papelão revestida de papel alumínio para minimizar a perda de energia térmica e maximizar a reflexão da luz, emitida por uma lâmpada incandescente colocada no interior da caixa. Os resultados mostraram que o experimento pode auxiliar nas aulas de Física e demais áreas afins, principalmente no estudo da absorção de fótons por superfícies de diferentes cores e características.

2. Metodologia

O experimento foi testado e aplicado em uma turma da segunda série do ensino médio com 28 estudantes, abordando o conteúdo “Fenômenos Ondulatórios”. Para analisar como uma superfície metálica com diferentes cores absorvem ou emitem radiação térmica, utilizamos como recurso didático um experimento envolvendo quatro latas de alumínio de tamanhos iguais (preta, vermelha, branca e uma revestida de papel alumínio), sensor de temperatura (DS18B20) conectado a uma placa Arduino Nano, lâmpada incandescente (100W). A lista de materiais está descrita a seguir.

2.1 Materiais Utilizados

- 4 latas de alumínio (1 vermelha, 1 branca, 1 preta, 1 revestida com papel alumínio);
- 1 caixa de papelão revestida com papel alumínio;
- 1 lâmpada incandescente;
- 1 soquete E27 para lâmpada;
- 1 Arduino Nano;
- 4 sensores de temperatura DS18B20;
- 4 resistores;
- 1 display LCD I2C;
- 1 placa ilhada de fenolite;
- 1 fonte DC de 5V (fonte de celular);
- 1 estrutura de suporte confeccionada com palitos de picolé e garrafa PET.

Montagem do Experimento

As latas foram pintadas com uma cor distinta (vermelha, branca e preta), e uma delas foi revestida com papel alumínio para verificar como funciona o mecanismo de reflexão da radiação conforme a superfície. A figura 1 mostra como ficou configurada a parte interna do experimento.

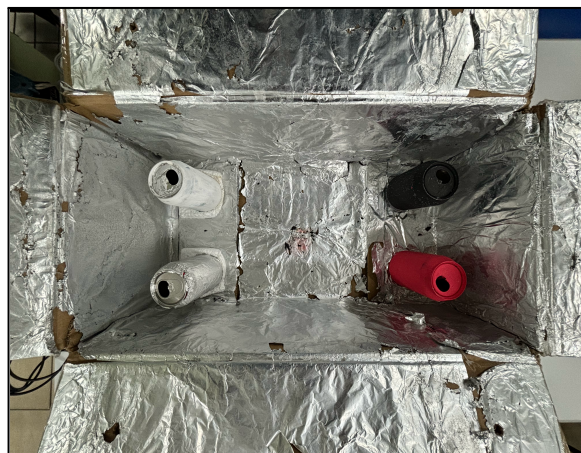


Figura 1: Interior da caixa revestida de papel alumínio e latas devidamente posicionadas.

A figura 2 mostra o suporte para a lâmpada incandescente.

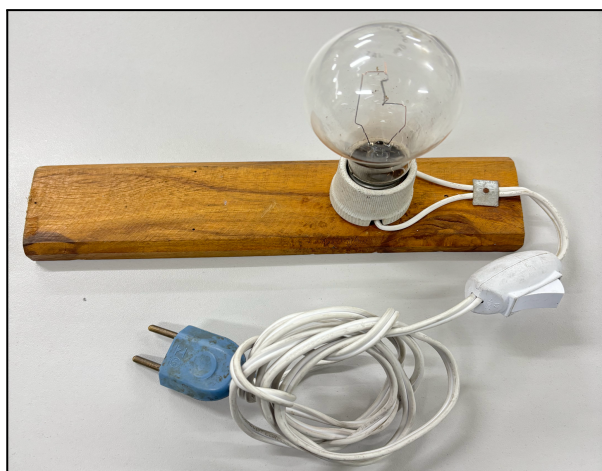


Figura 2: Suporte para a lâmpada incandescente.

Montagem da caixa e suporte da lâmpada

A caixa de papelão foi revestida internamente com papel alumínio, o soquete e a lâmpada incandescente foram instalados em um suporte de madeira. Ao ser posicionada em um furo no topo da caixa e ligada, a lâmpada emite radiação visível e infravermelha, incidindo diretamente sobre as latas posicionadas dentro da caixa de papelão revestida internamente com papel alumínio, de forma a minimizar a dispersão de radiação.

Medidor de temperatura

Cada lata foi equipada com um sensor de temperatura DS18B20, ligados ao Arduino Nano. O microcontrolador foi programado para monitorar as temperaturas em tempo real e exibi-las em um display LCD.

O Arduino Nano foi programado para capturar e exibir as temperaturas medidas pelos quatro sensores DS18B20 em um display LCD. A seguir temos o esquema de ligação.

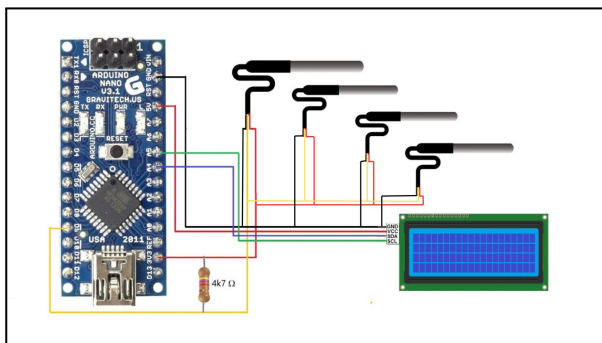


Figura 3: Circuito simples para funcionamento do medidor de temperatura.

A programação inclui a definição do protocolo de comunicação com os sensores e a calibração necessária para garantir a exatidão das medições. A seguir, apresenta-se o código utilizado:

```
// LiquidCrystal I2C
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <DallasTemperature.h>

#define DS1 9

OneWire oneWire(DS1);

DallasTemperature sensortemp(&oneWire);

LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 20, 4);

// Endereço dos sensores DS18B20 -

uint8_t sensor1[8] = {0x28, 0xFF, 0x64,
0x1E, 0x0D, 0x97, 0xB0, 0xE4};

uint8_t sensor2[8] = {0x28, 0xFF, 0x64,
0x1E, 0x5B, 0xB3, 0x40, 0xC0};

uint8_t sensor3[8] = {0x28, 0xFF, 0x64,
0x1E, 0x0D, 0x93, 0x7F, 0x54};

uint8_t sensor4[8] = {0x28, 0xCE, 0xEF,
0x49, 0xF6, 0x4E, 0x3C, 0x52};

void setup()
{
  sensortemp.begin();

  lcd.init();

  lcd.backlight();

  Serial.begin(9600);}

void loop()
{
  lcd.clear();

  sensortemp.requestTemperatures();

  Serial.print("Sensor 1: ");

  valortemperatura(sensor1);

  Serial.print("Sensor 2: ");

  valortemperatura(sensor2);

  Serial.print("Sensor 3: ");

  valortemperatura(sensor3);

  Serial.print("Sensor 4: ");

  valortemperatura(sensor4);

  lcd.setCursor(11,0);

  valortemperatura(sensor1);

  lcd.setCursor(0,1);

  lcd.print("Vermelha: ");

  lcd.setCursor(11,1);

  valortemperatura(sensor2);

  lcd.setCursor(0,2);
```

```
lcd.print("Branca: ");
lcd.setCursor(11,2);
valortemperatura(sensor3);
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Reflexiva: ");
lcd.setCursor(11,3);
valortemperatura(sensor4);
Serial.println();
delay(2000);
lcd.setCursor(11,0);
lcd.print("    ");
lcd.setCursor(11,1);
lcd.print("    ");
lcd.setCursor(11,2);
lcd.print("    ");
lcd.setCursor(11,3);
lcd.print("    "); }

void valortemperatura(DeviceAddress
deviceAddress)

{ float grausC =
sensortemp.getTempC(deviceAddress);

  lcd.print(grausC,0);
  Serial.print(grausC,0);
  Serial.println("°C"); }
```

Este código permite que o Arduino monitore as temperaturas das latas, exibindo-as continuamente no display LCD, facilitando o acompanhamento durante o experimento.

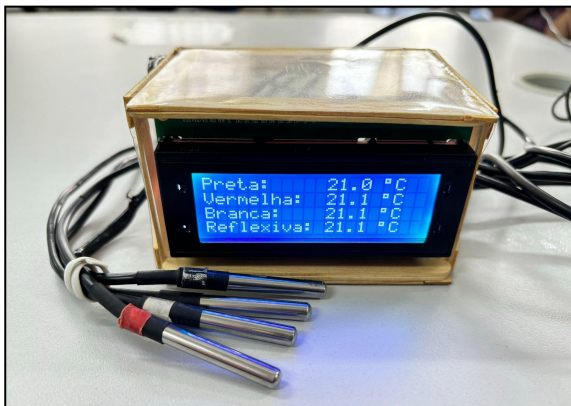


Figura 4: Medidor de temperatura composto por 4 sensores DS18B20, Arduino nano, display LCD I2C, placa de fenolite, resistores e fonte 5 V.

Após a programação do nano, foi realizada a solda dos componentes na placa de fenolite e

finalização do projeto com uma estrutura de PET com palito de picolé para melhor manuseio do equipamento, como mostra a figura 4 e a figura 5.



Figura 5: Vista superior do medidor de temperatura.

Medidas de temperatura em função do tempo

Em sala de aula, na disciplina de Física, conteúdo fenômenos ondulatórios, para uma turma de 28 alunos da segunda série do ensino médio, foi realizado o teste e observação dos valores de temperatura para cada lata com o passar do tempo. Entretanto para uma melhor experiência, sugerimos o procedimento a seguir:

- Ligar a lâmpada incandescente colocada próxima às latas de maneira simétrica, ou seja, no meio da caixa entre as lâmpadas;
- Em uma tabela, anotar a temperatura em cada lata a cada minuto até que a temperatura se estabilize;
- Desligar a lâmpada por 2 minutos e acenda novamente;
- Continue anotar os valores até estabilizar a temperatura;
- Com os dados esboçar o gráfico de Temperatura x Tempo;
- Você terá os conjuntos de valores relacionados à absorção (aquecimento das latas), um gráfico para cada lata;
- Discutir sobre os resultados obtidos.

3. Resultados e discussão

Na sala de aula, solicitamos aos alunos que anotassem seus dados em uma tabela. Em seguida,

**XIV Encontro Científico de Física Aplicada -
2024**

eles fizeram o gráfico de Temperatura em função do Tempo e obtiveram a taxa de variação da temperatura para as quatro latas e fizeram comparações. A figura 6 mostra um recorte temporal do comportamento das 4 latas com o passar do tempo, expostas à radiação infravermelha da lâmpada incandescente.

TEMPO	PRETA	VERMELHA	BRANCA	REFLEXIVA
21:09.8	70,6	62,1	56,28	54,78
21:12.8	70,68	62,16	56,38	54,88
21:15.8	70,84	62,28	56,43	54,93
21:18.8	70,84	62,34	56,48	54,98
21:21.8	70,84	62,28	56,58	55,08
21:24.8	71,07	62,4	56,58	55,08
21:27.8	71,07	62,46	56,58	55,08
21:30.9	71,07	62,46	56,58	55,08
21:33.9	71,07	62,46	56,58	55,08
21:36.9	70,92	62,28	56,53	55,03
21:39.9	70,84	62,28	56,58	55,08
21:42.9	70,84	62,16	56,43	54,93
21:45.9	70,6	62,1	56,33	54,83
21:48.9	70,53	61,98	56,22	54,72
21:51.9	70,22	61,74	56,12	54,62
21:54.9	70,07	61,56	55,92	54,42
21:57.9	69,77	61,32	55,77	54,27
22:00.9	69,55	61,14	55,57	54,07
22:03.9	69,26	60,91	55,42	53,92

Figura 6 Recorte temporal do comportamento das 4 latas com o passar do tempo.

Com todos os dados, foi esboçado o gráfico da figura 7.

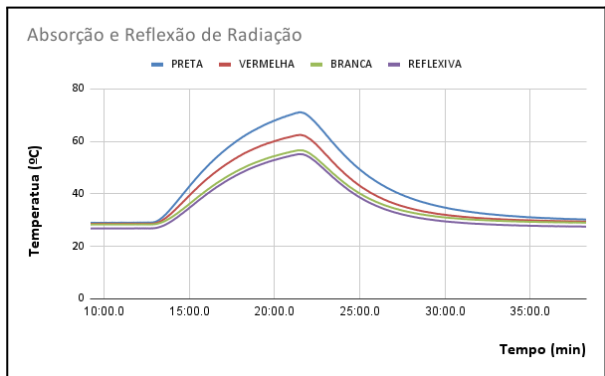


Figura 7: Gráfico mostra o comportamento térmico de aquecimento e resfriamento do interior das latas.

A lata pintada de preto, reconhecida por sua alta capacidade de absorver radiação, apresentou o maior aumento de temperatura, seguido pela lata vermelha, enquanto a lata branca registrou menor elevação de temperatura. Em contraste, a lata revestida com papel alumínio, devido à sua alta refletividade, mostrou a menor variação de temperatura, confirmando que o material reflete maior parte da radiação.

Entretanto, durante a execução do experimento, foi observado um erro em uma das

medições. Em um dos testes, o sensor de temperatura não foi inserido corretamente na lata preta, resultando em uma leitura de temperatura inferior à da lata vermelha, um resultado que não corresponde ao comportamento esperado. Esse incidente destaca a importância da precisão na montagem e na execução do experimento, evidenciando como pequenos erros na configuração podem comprometer a acurácia dos resultados.

Além da lâmpada incandescente, o experimento foi repetido utilizando uma lâmpada que emite radiação infravermelha e uma lâmpada de LED. Como esperado, a radiação infravermelha resultou em um aquecimento mais significativo das latas, especialmente na lata preta. Isso ocorre porque a radiação infravermelha possui um comprimento de onda maior do que a luz visível, e sua energia é mais eficientemente absorvida pelas superfícies, convertendo-se em energia térmica de maneira mais intensa. Tal observação reforça o papel da radiação infravermelha como um agente térmico mais eficaz em comparação à luz visível emitida pela lâmpada incandescente. A lâmpada de LED não foi capaz de aquecer as latas de maneira significativa pois seus comprimentos de onda emitidos estão em sua maioria na faixa da luz visível e não tem a propriedade de aquecer de maneira significativa os materiais como a radiação infravermelha emitida tanto na lâmpada incandescente quanto na infravermelha.

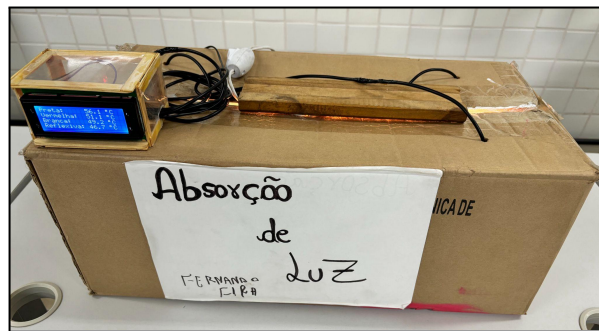


Figura 8: O display LCD apresenta os valores de temperatura de cada lata após alguns minutos de funcionamento.

Esses resultados não apenas validam as teorias físicas sobre absorção de radiação, mas também sublinham a relevância de uma execução meticulosa do experimento, bem como a eficácia da utilização de radiação infravermelha em contextos onde o aumento de temperatura é desejado. Além disso, o experimento pode ser uma oportunidade de ensinar a diferença e as propriedades das ondas eletromagnéticas em seus diferentes comprimentos.

4. Conclusão

Este experimento apresentou como a cor de uma superfície influencia diretamente sua capacidade de absorver radiação e, conseqüentemente, elevar sua temperatura. O uso de uma lâmpada incandescente

permitiu a observação dos efeitos da radiação visível e infravermelha sobre diferentes superfícies. A implementação do Arduino Nano e dos sensores de temperatura DS18B20 possibilitou a obtenção de medições das temperaturas, demonstrando a viabilidade de integrar tecnologias em experimentos educacionais.

Os resultados reforçam a importância da cor e do material na absorção de radiação, com implicações práticas que vão desde a engenharia até a arquitetura, além de ser uma ferramenta para o ensino de Física. As superfícies escuras, como a lata preta, são particularmente mais eficientes na absorção de radiação, enquanto materiais refletivos, como o papel alumínio, demonstram uma menor capacidade de aquecimento devido à menor absorção. Este experimento pode ser expandido para investigar outros materiais ou diferentes condições de iluminação, oferecendo um amplo campo de pesquisa em física aplicada assim como na área de ensino.

6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

7. Referências

DA ROSA, C. T. W., ROSA, A. B., TRENTIN, M. A., & GIACOMELLI, A. C. (2016). Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino. Caderno Brasileiro De Ensino De Física, 33(1), 292–305.
<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2016v33n1p292>

JESUS, T. A. C.; FERRACIOLI, L. Uso de dataloggers para medir umidade relativa do ar e temperatura: uma proposta para o ensino de Física. disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/ecfa/642940-uso-de-dataloggers-para-medir-umidade-relativa-do-ar-e-temperatura-uma-proposta-para-o-ensino-de-fisica>

MENELLI, W.; NASCIMENTO, J. O.; PASSAMAI JUNIOR, J. L. et al. Abordagem experimental para ensino médio sobre o princípio da dualidade onda-partícula da luz. Experiências em Ensino De Ciências (UFRGS). v.18, p.683 - 701, 2023.

PASSOS, C. A. C. Experimentos baseados em Arduino como ferramenta para o ensino de física. Experiências em Ensino De Ciências (UFRGS). v.18, p.747 - 764, 2023.

SCARINCI, A. L., & MARINELI, F.. (2014). O modelo ondulatório da luz como ferramenta para explicar as causas da cor. Revista Brasileira De Ensino De Física, 36(1), 1309.
<https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000100009>