

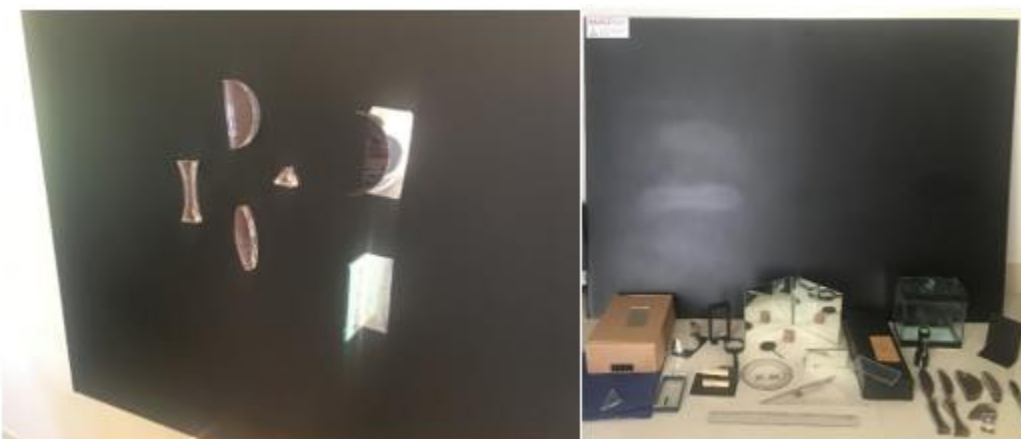
## APÊNDICE C – KIT DE ÓPTICA DE BAIXO CUSTO – KOBC

O Kit de Óptica Geométrica de Baixo Custo (KOBC) tem como objetivo facilitar o desenvolvimento das aulas de física relacionadas à óptica geométrica, favorecendo uma melhor compreensão das aulas, aproximando os aprendizes de experimentos demonstrativos e tornando as aulas de física menos monótonas. Desta forma, espera-se introduzir experimentos demonstrativos, quebrando o ensino transmissivista e despertando uma visualização de fenômenos ópticos que alguns alunos não conseguem obter mediante a abstração de conceitos experimentais exigidos em uma aula exclusivamente tradicional.

Como atrativo, o KOBC, tem o seu baixo custo, e fácil elaboração. Pode ser montado e adequado pelo próprio professor. Os itens integrantes do KOBC favorecem a construção de uma infinidade de experimentos, portanto há a possibilidade de flexibilização da sequência didática proposta no Apêndice B, para melhor adequação à turma em que a sequência didática será aplicada.

O KOBC foi estruturado para ser trabalhado com experimentos demonstrativos de forma a ser posicionado na frente da sala de aula. Todos os seus componentes possuem uma manta imantada para que sejam fixados no quadro negro de metal. Desta forma, propicia-se aos alunos o observarem sentados em seus lugares, dentro da sala de aula ou laboratório. A Figura 109 demonstra, à esquerda lentes e espelhos afixados no quadro negro de metal, à direita os itens que compõem o KOBC.

**Figura 1** – KOBC: Quadro negro de metal



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

Na tabela 9 temos a discriminação dos componentes do KOBC.

**Tabela 1** – Componentes do KOBC

nº	Componentes do KOBC
1	Quadro negro de metal (Zinco)
2	Canhão de LED branco
3	Lanterna de LED branco
4	Aquário de vidro (15 cm x 10 cm)
5	Espelho côncavo
6	Espelho convexo
7	Espelho plano
8	Suporte para anteparo
9	Suporte para lupa
10	Lupa
11	Objeto (Tampa de PET)
12	Moeda de papelão
13	Espelhos associados
14	Transferidor
15	Esquadro
16	Régua
17	Lâmina de vidro translúcido
18	Lâmina de faces paralelas
19	Suporte para o objeto seta
20	objeto seta
21	Caneta marcadora de ponta média para projetor
22	Prisma de vidro
23	Lâmina de papelão (objeto opaco)
24	prisma de acrílico
25	Trapézio de acrílico
26	Lente biconvexa de acrílico
27	Lente plano convexa grande de acrílico
28	Lente plano convexa pequena de acrílico
29	Lente bicôncava de acrílico
30	Lente plano côncava de acrílico
31	Canhão de lasers verdes
33	Suporte para Lanterna de LED
34	Superfície para reflexão difusa

Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

Na tabela 10, abaixo, temos a discriminação dos materiais utilizados para elaboração do KOBC e os valores gastos. Pode ser observado que alguns itens estão com os valores zerados, sendo estes adquiridos sem custos por diversas

formas, como: doações, restos de construção civil, retalhos de vidros, materiais recicláveis, etc.

**Tabela 2** – Materiais utilizado para a construção do KOBC e precificação dos custos de elaboração

Materiais para montagem do Kit de Óptica de Baixo Custo - KOBC				
nº	Quantidade	Item	Valor Unitário (R\$)	Valor gasto com o item (R\$)
1	1	Quadro de metal (Chapa de zinco de 1,15 m X 0,82 m)	0,00	0,00
2	1	Caixa de papelão (26 cm X 16 cm X 8 cm)	0,00	0,00
3	1	Lanterna de Led branco	15,00	15,00
4	9	pilhas palito de 1,5 V	1,00	9,00
5	2	Espelhos planos (15 cm X 15 cm)	2,00	4,00
6	1	Dobradiça	2,20	2,20
7	1	Cano de zinco de 100 mm com 5 cm de altura	0,00	0,00
8	1	chapa de zinco (10 cm X 10 cm)	0,00	0,00
9	4	Lentes convergentes de acrílico	0,00	0,00
10	2	lentes divergentes de acrílico	0,00	0,00
11	1	Prisma de acrílico de 60 graus	0,00	0,00
12	1	Régua de 30 cm	1,99	1,99
13	1	Transferidor	2,50	2,50
14	1	Espelho plano (5 cm X 10 cm)	1,00	1,00
15	1	Chapa de zinco (6 cm X 10 cm)	0,00	0,00
16	2	Folhas de manta de ímã adesivada	3,00	6,00
17	1	Lâmina de faces paralelas (vidro 100 mm X 50 mm X 6 mm)	2,00	2,00
18	5	Apontadores lasers verdes	14,00	70,00
19	1	Fio para ligação elétrica de som (2m)	1,00	2,00
20	5	Chaves liga – desliga	5,00	35,00

21	1	Fonte de energia (Celular)	0,00	0,00
22	1	Resistor de 1k ohm	2,00	2,00
23	1	Lata de spray preto fosco	19,00	19,00
24	2	Tiras de folha espelhada (5 cm X 12 cm)	0,00	0,00
25	1	Tubo de 20 g de Tek Bond	6,00	6,00
26	1	Armadura de plástico para o canhão de lasers	0,00	0,00
27	1	Moeda de papelão	0,00	0,00
28	1	Palito de dente	0,00	0,00
29	1	Fita adesiva	1,00	1,00
30	1	Lâmina de vidro translúcido (5 cm X 10 cm)	2,00	2,00
31	1	Pedaço de papelão (5 cm X 10 cm) (objeto opaco)	0,00	0,00
32	1	Condutor de zinco (40 cm X 10 cm X 5 cm)	0,00	0,00
33	2	Condutor de zinco (3 cm X 10 cm X 5 cm)	0,00	0,00
34	1	Condutor de zinco (8 cm X 10 cm X 5 cm)	0,00	0,00
35	1	Vidro transparente (5 cm X 5 Cm)	1,00	1,00
36	1	Fita isolante	1,70	1,70
37	1	Chapa de zinco (10 cm X 6 cm)	0,00	0,00
38	1	Aquário de vidro	20,00	20,00
39	1	Adesivo (folha A4)	15,00	15,00
40	1	lupa	0,00	0,00
41	1	Durepoxi 50g	3,50	3,50
Total (R\$)				221,89

Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

Todos os preços informados na tabela 10 foram coletados na cidade de Carmo do Rio Claro – MG, na data de 15 de julho de 2020. Portanto, há a

possibilidade de redução de preços do KOBC após pesquisa de preços em outras fontes.

Os itens que integram o KOBC foram discriminados em subtítulos dentro deste apêndice, e sua construção detalhada com intuito de informar futuros construtores do KOBC.

## **C.1 QUADRO NEGRO DE METAL**

O quadro negro de metal foi construído a partir de uma chapa de zinco de 1,15 m X 0,82 m, doada pelo professor Doutor Luciano Soares Pedroso, Figura 110. Este quadro serve como base de apoio aos instrumentos ópticos e componentes que são utilizados nos experimentos demonstrativos, pois tais elementos serão afixados por atração magnética por uma manta de imã adesivada que é fixada a todos os componentes.

A chapa de zinco foi pintada com spray de tinta na cor preto fosco. O restante do spray foi utilizado para pintar outros componentes de metal.

**Figura 2** – Quadro negro de metal



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

Para facilitar o posicionamento e orientação dos componentes ao serem afixados, foi impresso um adesivo de uma linha tracejada branca que pode servir como eixo óptico ou reta normal nos experimentos sugeridos no apêndice B. Esta foi colada ao quadro negro de metal na posição horizontal, com posição centralizada em relação ao eixo vertical.

## **C.2 CANHÃO DE LED BRANCO E LANTERNA DE LED BRANCO**

O canhão de LED branco foi confeccionado com um condutor, de água de chuva, de zinco, com dimensões: 40 cm de comprimento, 10 cm de largura e 5 cm de altura.

Fez-se uma dobradura de 5 cm em cada extremidade, de forma que o condutor se transformou em um paralelepípedo.

Em uma de suas faces com dimensões 5 cm X 10 cm, fez-se as fendas de 1 cm de altura cada, com espaçamento de 0,8 cm umas das outras. Na outra face com dimensões 5 cm X 10 cm fez-se um corte retangular para encaixar a lanterna de LED branco. Na Figura 111 pode se observar o canhão de LED finalizado.

Para ser utilizado junto ao quadro metálico foi colada em sua base a manta de imã.

**Figura 3** – Canhão de LED feito de um condutor metálico



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

Uma opção mais econômica (Figura 112) para o canhão de LED branco foi construída com uma caixa de papelão proveniente de uma entrega da livraria TAG. Esta caixa possui dimensões de 26 cm de comprimento, 16 cm de largura e 8 cm de altura.

Em uma das laterais menores da caixa foram feitos 5 cortes paralelos com altura de 1 cm e largura de 2 mm, centralizando – os, e os posicionando na parte inferior da face. Onde, cada incisão na caixa servirá para a passagem de luz

formando um raio, e por consequência a formação de um feixe ao observar os 5 raios.

Na face contrária foi feita uma incisão circular de forma que caiba o cabo de uma lanterna pequena de LED.

Há de se observar que quanto maior o comprimento desta caixa mais paralelos os raios de luz do feixe de luz tendem a ficar. Nesta caixa, com apenas 26 cm de comprimento, ainda se pode evidenciar uma tendência a formação de um feixe cônico divergente.

**Figura 4** – Montagem do canhão de LED branco



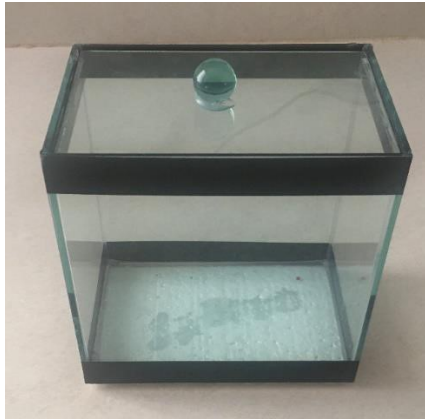
Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

A lanterna de LED Branco foi comprada em uma loja de materiais elétricos de Carmo do Rio Claro pelo preço de R\$15,00 e possui qualidade suficiente para realização dos experimentos propostos com o KOBC.

### **C.3 AQUÁRIO DE VIDRO**

O aquário de vidro (Figura 113) foi adquirido pelo valor de R\$20,00, possui área de 15 cm X 10 cm e altura de 15 cm.

**Figura 5** – Aquário de vidro



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

## **C.4 ESPELHO CÔNCAVO E ESPELHO CONVEXO**

Os espelhos esféricos foram construídos com restos de rufos e condutores de uma construção. Onde uma sobra de cano de zinco de 100 mm, foi cortada a uma altura de 5 cm e soldada a uma chapa de zinco de 10 cm X 10 cm. Em seguida foi feito um corte transversal com uma lixadeira formando dois espelhos esféricos, como pode ser observado na Figura 114.

Uma das metades foi revestida internamente, parte côncava, e também externamente, parte convexa, com tiras de folha espelhada, de forma a otimizar o fenômeno de reflexão.

Nas costas da chapa metálica em formato de quadrado foi colado uma manta de imã adesivada, para que o espelho esférico possa ser posicionado no quadro metálico preto.

Ao utilizar o espelho esférico da Figura 114, observou-se que haviam deformidades que influenciavam na reflexão, causando, em determinados pontos, uma reflexão difusa. Então, resolveu-se o problema do espelho esférico utilizando uma lente plano-côncava e outra plano-convexa. Nestas lentes a parte côncava e convexa foram espelhadas com tiras de folha espelhada, mas esta folha é translúcida e causa refração. Então, colocou-se fita isolante em todas as partes que não estavam espelhadas.



**Figura 6** – Montagem dos espelhos esféricos

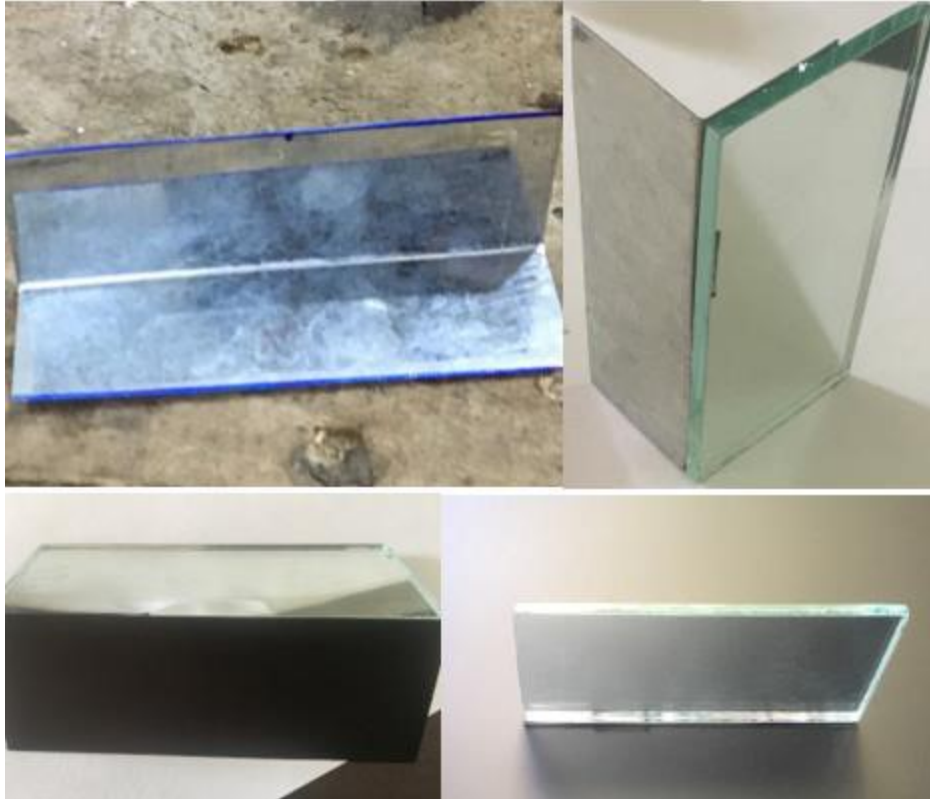


Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

## **C.5 ESPELHO PLANO E SUPORTE PARA ESPELHO PLANO**

O espelho plano foi construído com retalho de espelho cortado em uma vidraçaria de Carmo do Rio Claro – MG, nas dimensões 10 cm X 5 cm. Depois foi colado a uma chapa de zinco de 6 cm X 10 cm, que foi dobrada ao meio na dimensão dos 6 cm em 90°. A Figura 115 mostra a forma final do espelho plano.

**Figura 7 – Montagem do espelho plano**



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

## **C.6 SUPORTE PARA ANTEPARO E SUPORTE PARA LANTERNA DE LED**

Com um condutor de dimensões 8 cm X 10 cm X 5 cm, construiu-se um suporte para lanterna, e um suporte para folha A4 que serve como anteparo. Este condutor foi aberto em duas arestas que unem as faces com dimensões de 10 cm X 8cm. Desta forma, ele foi dividido em duas metades com formato da letra L, sendo a dimensão de 10 cm a maior, a menor de 5 cm, e como profundidade possui 8 cm.

Em uma destas metades se construiu um suporte para lanterna (Figura 116), colando uma manta de imã na face externa com dimensões de 10 cm X 8 cm.

**Figura 8** – Suporte para lanterna



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

Na outra metade se construiu um suporte para folha A4 (Figura 117), onde, na face externa com dimensões 10 cm X 8 cm foi colada a manta de imã. Entretanto, na face com dimensões de 5 cm X 10 cm, foi feita uma dobradura, cortando a aresta até a profundidade de 5 cm. Na parte dobrada, que ao ser utilizada ficará na posição vertical, foram colados dois prendedores de roupas, que tem a função de segurar a folha A4.

**Figura 9** – Suporte para anteparo



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

## **C.7 SUPORTE PARA LUPA E LUPA**

Com um condutor de zinco com dimensões 3 cm X 10 cm X 5 cm, foi feito um suporte para uma lupa (lente convergente). Neste suporte, uma de suas faces com dimensões 10 cm x 3cm, foi colada a uma manta de imã.

Em uma de suas faces com 5cm x 10 cm, fez-se um corte de aproximadamente 1 cm de largura por 1,5 cm de profundidade. Esta face será utilizada como base para apoio do cabo da lupa.

A lupa possui 5 cm de diâmetro, portanto, ela ocupa exatamente a largura do condutor, e no corte feito o seu cabo pode ser introduzido (Figura 118).

**Figura 10** – Suporte para lupa



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

## **C.8 OBJETO**

Este objeto pode ser utilizado no experimento de associação de espelhos, assim, ele deve possuir dimensões que possam ser observadas ao ser colocado entre os espelhos. Portanto, podem ser utilizados tampa de garrafa PET, bola de gude, etc. No caso desta montagem, optou-se pela tampa de garrafa PET.

## **C.9 MOEDA DE PAPELÃO E LÂMINA DE PAPELÃO**

Com uma das abas internas da caixa de papelão foram confeccionados uma moeda de papelão com 3 cm de raio, e uma tira de 5 cm X 10 cm. Ambos servem como objetos opacos.

## C.10 ESPELHOS ASSOCIADOS

A montagem dos espelhos planos associados (Figura 119) se deu a partir de dois espelhos planos de 15 cm X 15 cm, cortados de retalhos de espelhos em uma vidraçaria de Carmo do Rio Claro. A junção entre os espelhos foi feita com uma dobradiça de porta que foi colada com cola adesiva Tek Bond.

**Figura 11** – Espelhos planos associados



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

## C.11 TRANSFERIDOR, ESQUADRO E RÉGUA

O transferidor, o esquadro e a régua foram adquiridos em uma papelaria da cidade de Carmo do Rio Claro, respectivamente por: R\$2,50, R\$1,99, e R\$1,99.

## C.12 LÂMINA DE VIDRO TRANSLÚCIDO

Um retalho de vidro translúcido de 4 mm de espessura (Figura 120) foi cortado nas dimensões de 10 cm X 5 cm. Este tem como função a demonstração do meio de propagação translúcido.

**Figura 12** – Lâmina de vidro translúcido

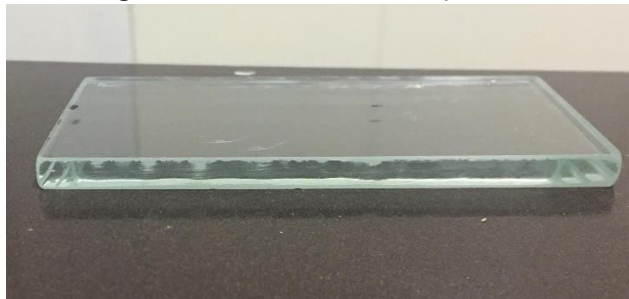


Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

### **C.13 LÂMINA DE FACES PARALELAS**

Um retalho de vidro de 6 mm de espessura foi cortado para se obter duas lâminas de dimensões 10 cm X 5 cm, para que sirvam, uma como lâmina de faces paralelas e outra para demonstração do meio de propagação transparente. O vidro utilizado como lâmina de faces paralelas (Figura 121) serve para demonstração do desvio lateral causado pela refração. Ela foi adesivada com manta de imã.

**Figura 13** – Lâmina de faces paralelas



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

### **C.14 SUPORTE PARA OBJETO SETA E OBJETO SETA**

O suporte para objeto seta foi cortado de um condutor de água, de zinco. Este condutor possui dimensões de 10 cm X 5 cm, em uma área circular e foi cortado a uma profundidade de 3 cm. Na parte interna foi posicionado uma



lâmina de vidro cortada sob medida, e com fita isolante foi construído o objeto seta. Tanto o objeto seta como seu suporte podem ser observados na Figura 122.

**Figura 14** – Suporte para objeto seta e objeto seta



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

## **C.15 CANETA MARCADORA DE PONTA MÉDIA PARA PROJETOR**

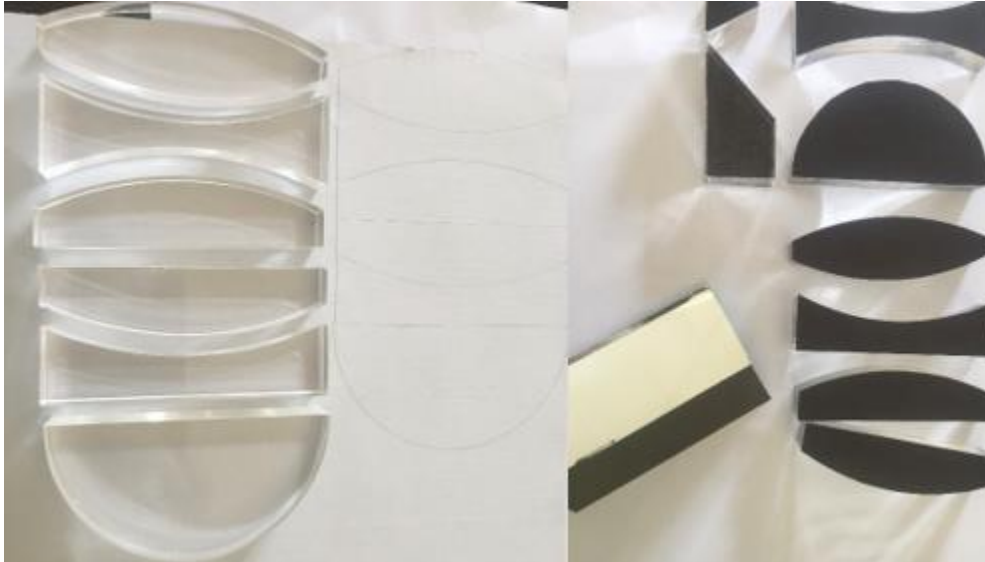
A caneta marcadora de ponta média para projetor serve para efetuar marcações no prisma, trapézio e na lâmina de faces paralelas. Esta caneta foi doada, mas pode ser encontrada em papelarias pelo valor de R\$3,00.

## **C.16 COMPONENTES DE ACRÍLICO**

Os componentes de acrílico como o prisma, o trapézio, a lente biconvexa, a lente plano – convexa, a lente bicôncava, e a lente plano côncava, foram cedidas pelo professor Doutor Artur Justiniano. Estes instrumentos ópticos fazem parte de um kit de lentes que pode ser obtido pela internet, no site do Mercado Livre, por R\$70,00.

Todos os itens descritos acima foram adesivados com a manta de ímã. Na Figura 123 pode se observar as lentes de acrílico e sua adesivação com manta imantada.

**Figura 15 – Lentes e prisma**



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

### **C.17 SUPERFÍCIE PARA SIMULAÇÃO DE REFLEXÃO DIFUSA**

Para simular a reflexão difusa foi utilizada uma chapa de zinco com dimensões de 6 cm X 10 cm. Na menor dimensão foi feita uma dobradura de 90° e nesta dobradura um corte com profundidade de 7 cm. Nestes 7 cm X 3 cm foi feito o sanfonamento de forma irregular. Desta forma, obteve-se uma superfície para simular a reflexão difusa.

Na parte em que não houve o corte foi colada uma manta de ímã.

### **C.18 CANHÃO DE LASERS**

Para a construção do canhão de lasers foi feita a compra de lasers apontadores pelo site AliExpress, pelo valor de R\$14,00 cada. Mas os lasers demoraram 5 meses para serem entregues, pois são importados da China. Devido ao longo tempo de espera, foi sugerido pelos professores Doutor Luciano Soares Pedroso e Doutor José Antônio Pinto (Coorientador), que fossem



utilizados os lasers apontadores da Figura 124. Estes lasers são de luz vermelha, menos intensos que os verdes, e possuem um formato de fácil manuseio.

**Figura 16** – Lasers vermelhos



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

A intenção com os lasers era montar um canhão com 5 feixes, de forma que cada raio fosse independente, podendo ser ligado e desligado automaticamente. Assim, foi montado um circuito elétrico onde os lasers foram dispostos em uma associação em paralelo. Uma fonte de 5 volts e 0,55 amperes, foi ligada ao circuito. Para reduzir a corrente disponibilizada, adicionou-se um resistor de 1 quilo ohm em série com a fonte e a associação em paralelo dos lasers.

Para que os lasers ficassem independentes, também foi adicionada ao circuito uma chave liga/desliga para cada laser. Sendo estas chaves acopladas a uma armadura metálica de zinco de 8 cm X 8 cm, com espessura de 3 cm.

Os lasers foram posicionados em uma madeira com espessura de 2cm, e área determinada pelas dimensões 8 cm X 3 cm. Eles foram distribuídos em posições com o espaçamento de 1 cm cada, por furos feitos em uma furadeira de bancada, com uma broca de diâmetro exatamente igual ao diâmetro dos lasers, e profundidade de 1,2 cm. A Figura 125 demonstra a montagem deste canhão de lasers.

**Figura 17** – Canhão de Lasers vermelhos



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

Ao ligar o canhão de lasers foi observado que o feixe, mesmo depois de encaixados em furos feitos por uma boa furadeira de bancada, não obtiveram o alinhamento desejado, conforme na Figura 126.

**Figura 18** – Alinhamento do feixe do canhão de Lasers vermelhos



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

Como os furos foram feitos no limite das dimensões do laser não foi possível ter autonomia para regulagem do alinhamento.

Em contato com o professor Doutor Célio Wisniewski, orientador deste produto, despertou-se a ideia da confecção de um suporte por uma impressora 3D, de forma que este ofereça autonomia de regulagem por 2 parafusos.

Como seria necessário a construção de um novo suporte com dimensionamento novo, resolveu-se utilizar os lasers verdes (Figura 127) devido a melhor qualidade do feixe de luz gerado.

**Figura 19** – Lasers apontadores com luz verde

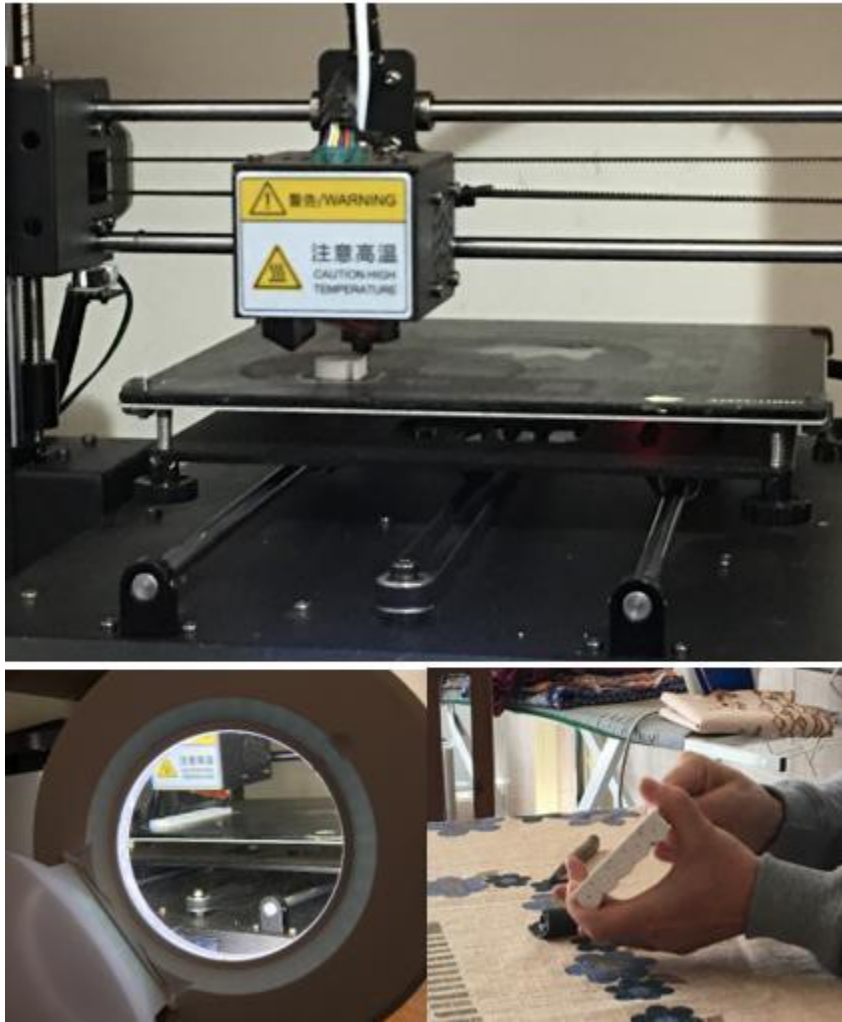


Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

O suporte foi confeccionado na residência do professor Célio Wisniewski, onde ele possui uma impressora 3D. O desenho da peça foi feito no Thinkercad, site para construção de projetos, pelo professor Célio Wisniewski. Logo após, iniciou-se a impressão em baixa qualidade (Figura 128), com PET – G, que demorou cerca de 2h para ser concluída.

O suporte consiste em uma ponteira e um suporte cilíndrico. Na parte cilíndrica foram posicionados dois parafusos em cada cilindro – total de cinco cilindros – para que a regulagem lateral do raio de luz seja orientada. A regulagem vertical pode ser realizada com adição de fita crepe a base de contato entre o laser e o suporte.

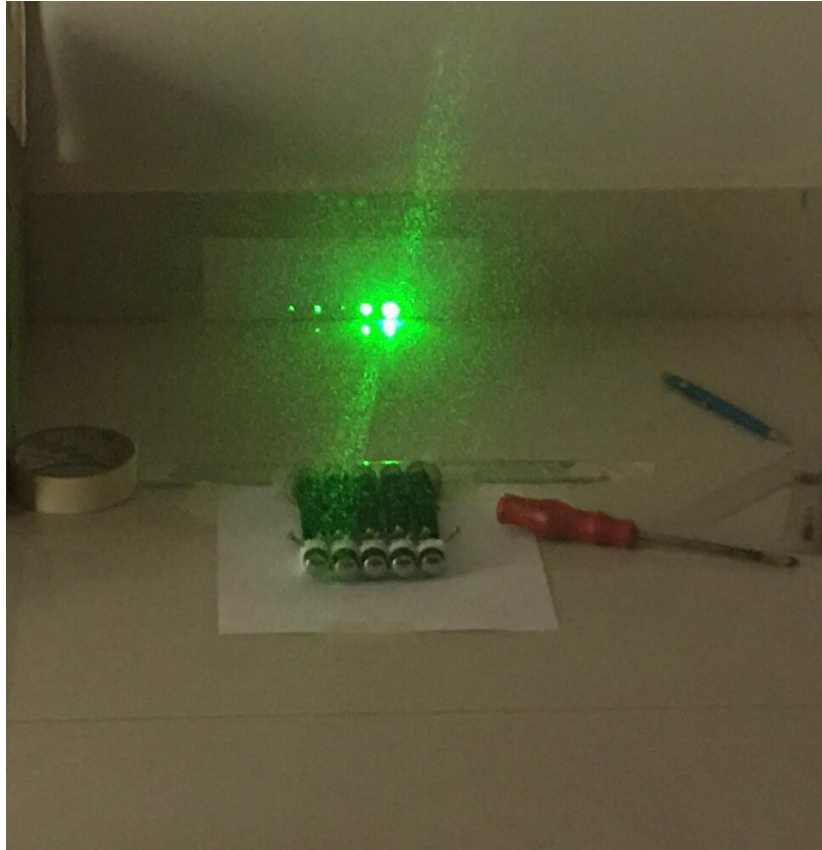
**Figura 20** – Confeção do suporte para lasers na impressora 3D



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

O alinhamento dos lasers foi dificultado devido ao grau de liberdade pequeno na peça construída na impressora 3D. Para aumentar o grau de liberdade na regulagem foram retiradas as ponteiros, e o cilindro com os parafusos reguladores foram afastados e posicionados na extremidade traseira dos lasers. Na extremidade traseira se obteve a regulagem horizontal pelos parafusos. Para a regulagem vertical foi feita uma massa de Durepoxi, com espessura de aproximadamente 4 mm, e posicionada abaixo da parte frontal dos lasers. Desta forma, obteve-se a regulagem dos lasers, com cada raio de luz espaçado por 1,4 cm um do outro, em um alinhamento vertical a 0,6 cm em relação a superfície referencial. A Figura 129 demonstra o momento da regulagem, onde se utilizou de uma superfície alinhada e uma folha de papel fixada à parede com as demarcações dos pontos onde cada laser deve incidir.

**Figura 21** – Alinhamento do feixe do canhão de Lasers utilizando Durepox



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

Após a secagem do Durepoxi foi feito o acabamento para o canhão de lasers com uma armadura de zinco, de sobras de rufos, e sob a superfície metálica a manta de imã foi adesivada.

Na Figura 130, apresenta-se o KOBC finalizado.

**Figura 22** – KOBC finalizado



Fonte: Thalles Abreu Mezêncio

O Kit de Óptica Geométrica de Baixo Custo – KOBC – junto a sequência didática apresentada no Apêndice B, tem a capacidade mínima de realização de 23 experimentos que transitam dentro dos vários conceitos da óptica geométrica. De acordo com as características dos aprendizes e do professor a utilizar deste kit podem ser feitas mudanças estruturais, bastando apenas criatividade.