

PRODUTO EDUCACIONAL

Priscila dos Santos Caetano de Freitas

Orientador: Prof. Dr. Pierre Schwartz Augé

LUZ E VISÃO: ENTENDENDO O OLHO HUMANO COMO RECEPTOR DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Campos dos Goytacazes/RJ

2019

Apresentação

Luz e Visão foi desenvolvido para o ensino introdutório de olho humano como receptor de ondas eletromagnéticas para o professor do terceiro ano de Física da rede estadual de ensino de acordo com o novo Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro de 2012.

Ao preparar este material buscaram-se os conceitos contemporâneos da Física com relação ao tema, relacionando-os com conceitos da Química e Biologia para tornar o conhecimento mais integrado e utilizou elementos da História e Filosofia da Ciência para tornar o aprendizado mais dinâmico e contextualizado.

Visto a importância da demonstração na sala de aula juntamente com a História e Filosofia da Ciência, essa proposta contém esses elementos ao longo dos textos com a finalidade de colaborar para a compreensão da evolução científica e para o aluno perceber que a Ciência é mutável e é sujeita a refutação de teorias.

De maneira a auxiliar o professor em relação ao conteúdo, disponibiliza-se, através dos *links* abaixo, as apresentações de slides utilizadas ao longo das aulas, não sendo obrigatórias, contudo, são sugestões a fim de facilitar o planejamento do docente.

Links:

Apresentação sobre Luz e Visão parte I:

http://prezi.com/vfpwbugxfsly/?utm_campaign=share&utm_medium=copy

*Apresentação sobre Luz e Visão parte II:

http://prezi.com/zau6w4ldsoew/?utm_campaign=share&utm_medium=copy

*Slides sobre Daltonismo:

<https://www.slideshare.net/priscilacaetanojs/daltonismo-120478669>

Este material possui alguns apêndices que foram desenvolvidos com o objetivo de auxiliar o docente no manuseio do material didático em questão e em sua aplicação em sala de aula.

Para uma familiarização com o produto educacional, faz-se necessário apresentá-lo quanto à sua estrutura. Integrados a ele, encontram-se:

- Tutoriais de aplicativos online
- Textos históricos
- Questões ao longo dos textos

- Questionários
- Experimentos
- Atividades Avaliativas online
- Proposta de seminário
- Conteúdo interdisciplinar e contextualizado.
- Lista de exercícios

Este conjunto de atividades educacionais têm o intuito de tornar a sala de aula mais atrativa e o ensino mais dinâmico, com uma abordagem de conceitos diferenciada e implementando novas tecnologias que favorecem a aprendizagem.

Antes, porém, gostaria de agradecer ao meu orientador do TCC e do mestrado Dr. Pierre Schwartz Augé, do IFF Campos Campus Centro, que me incentivou e colaborou profundamente em minha formação profissional, orientando-me com muita sabedoria e dedicação, desempenhando um papel fundamental na elaboração de minha dissertação do mestrado.

Espero que o produto educacional possa ser amplamente utilizado nas escolas, principalmente na rede pública estadual de ensino, já que a seleção do tema a ser abordado no material foi inspirado no currículo mínimo do RJ a fim de auxiliar os professores de física no ensino de Ondas eletromagnéticas partindo do olho humano como receptor delas.

Com essa proposta, busca-se um ensino contextualizado, com tópicos de física Moderna, podendo tornar o ensino mais agradável e participativo.

SUMÁRIO

PRIMEIRO MOMENTO INVESTIGATIVO	5
Questionário para coleta das concepções prévias.....	5
SEGUNDO MOMENTO INVESTIGATIVO	6
Texto histórico.....	6
Tarefa para casa: Atividade Experimental I.....	8
TERCEIRO MOMENTO INVESTIGATIVO	10
Introdução ao eletromagnetismo.....	10
Atividade experimental II.....	11
QUARTO MOMENTO INVESTIGATIVO.....	14
Simulação:a natureza dual da luz.....	14
QUINTO MOMENTO INVESTIGATIVO	18
Texto teórico/Maquete do olho	18
Estrutura do olho humano.....	18
Tarefa para casa: Seminário sobre maquete do olho humano	19
SEXTO MOMENTO INVESTIGATIVO.....	20
Texto teórico/Atividade experimental.....	20
Fenômeno da refração.....	20
SÉTIMO MOMENTO INVESTIGATIVO.....	22
Texto teórico.....	22
Lei de Snell-Descartes/Formação da imagem no olho e visão	22
OITAVO MOMENTO INVESTIGATIVO	27
Aplicação do conhecimento	27
Daltonismo.....	27
Mecanismo da visão em outros animais	32
Ilusão de Óptica	33
NONO MOMENTO INVESTIGATIVO	36

Questões	36
Caderno de Respostas	39
DÉCIMO MOMENTO INVESTIGATIVO	44
Seminário.....	44
REFERÊNCIAS	46
Apêndice I	47
Apêndice II	56

PRIMEIRO MOMENTO INVESTIGATIVO

Questionário para coleta das concepções prévias

1- Na sua opinião, o que é luz?

2- Como ocorre o mecanismo da visão humana?

3- É possível enxergar no escuro? Justifique a sua resposta.

4- Os cientistas realizam investigações científicas tentando buscar respostas para solucionar problemas encontrados na natureza que estão em desacordo com a teoria vigente. À respeito da natureza da luz, comente sobre possíveis divergências entre teorias, citando, se possível, exemplos que as ilustrem.

5- Explique a frase: o olho humano é sensível à luz. Tente tecer comentários se existem outros tipos de luz.

SEGUNDO MOMENTO INVESTIGATIVO

Texto histórico

Natureza da luz

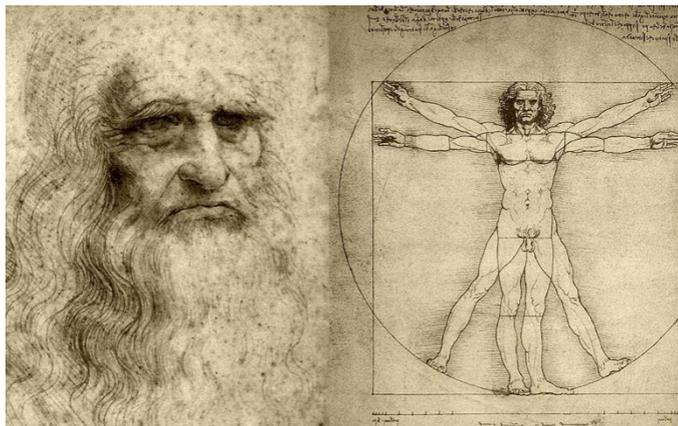
Uma das grandes curiosidades da humanidade desde os primórdios foi em relação à natureza da luz¹ e, dessa forma, compreender como ocorre o mecanismo da visão.

Aristóteles foi um esplêndido filósofo que se dedicava à observação da natureza, buscando compreender os fenômenos do cotidiano.

No séc. IV a.C., Aristóteles e Platão difundiram a ideia de que os nossos olhos emitiam pequenas partículas que se alinhavam em linha reta com velocidades altas e que ao atingirem os objetos, poderíamos enxergá-los.

ENTÃO, CONSEGUIRÍAMOS ENXERGAR NO ESCURO?

No séc. XVI, Leonardo da Vinci foi um dos primeiros estudiosos a contrariar essa ideia. Ele comparou o fenômeno da reflexão com o fenômeno ondulatório do eco, dessa forma, concluiu que a luz seria uma onda e não um conjunto de partículas.



Leonardo da Vinci, grande pintor, cientista e inventor. FONTE: socientifica.com.br

¹ Em 2013, as Nações Unidas proclamaram o ano de 2015 como o ano internacional da luz, homenageando o cientista árabe Ibn al-Haytham. Mais informações em <http://www.unesco.org/new/pt/brasil/ia/about-this-office/prizes-and-celebrations/2015-international-year-of-light/> e <http://www.light2015.org/Home/About.html>.

Posteriormente, no séc. XVII, as duas ideias ganharam importantes defensores.

Isaac Newton adotou a da Grécia antiga, formulando a teoria corpuscular da luz. E Huygens, defendia Da Vinci, caracterizando a luz como um tipo de onda.

Entretanto, até então, não se compreendia a luz como uma onda eletromagnética.

Ondas são perturbações que podem se propagar em um meio. São classificadas em mecânicas e eletromagnéticas.

As ondas mecânicas necessitam de um meio material para se propagar, como por exemplo, as ondas produzidas em uma corda.

As ondas eletromagnéticas diferem-se das mecânicas, pois se propagam tanto no vácuo quanto em meios materiais. Podemos exemplificar com a luz.

Alguns conceitos da óptica geométrica são fundamentais para compreender a óptica ondulatória. Dessa forma, abordar-se-á o conceito de raio luminoso.

Raio luminoso é um conceito geométrico que consiste em uma representação, através de linhas retas num meio homogêneo, do caminho percorrido pela luz. O sentido da propagação do raio de luz é indicado por uma seta

As principais características das ondas eletromagnéticas são a amplitude (A), a velocidade de propagação (v), a frequência (f) e o comprimento de onda (λ).

O tempo de duração de uma oscilação completa é chamado de período (T), medido pelo sistema internacional de medidas (SI) em segundos (s).

A frequência corresponde ao número de repetições dessas oscilações em 1 segundo, é medido em Hertz (Hz) ou s^{-1} . Pode ser calculada pelo inverso do período.

$$f = \frac{1}{T} .$$

Ainda que a onda mude de meio, a intensidade da frequência não muda, ela se mantém constante e igual à frequência gerada no início da onda.

A amplitude oscila no espaço juntamente com os campos elétrico (\vec{E}) e magnético (\vec{B}) e com o passar do tempo.

O comprimento de onda (λ) pode ser identificado através da distância entre dois vales ou duas cristas consecutivas ou a de um vale até uma crista (formando o que chamamos de senóide). A unidade de medida de λ é o metro (m).

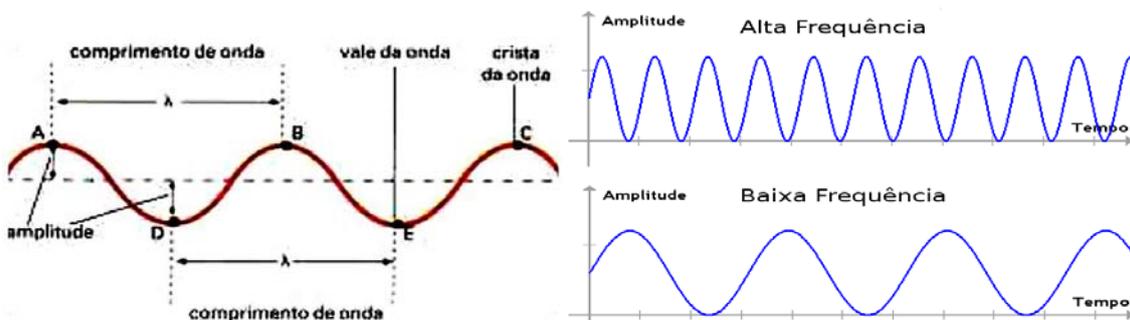
Podemos então encontrar a velocidade de propagação da onda relacionando o comprimento de onda com o período ou a frequência. Basta associarmos a fórmula de velocidade média ($v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$) com a velocidade da onda:

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad \text{ou} \quad v = \lambda \cdot f.$$

Onde,

- velocidade de propagação da onda (v): m/s.
- comprimento de onda (λ): m.
- período (T): s.
- frequência (f): Hz ou s^{-1} .

Característica de ondas.



Fonte: <http://fisicanacabeca.blogspot.com>

Fonte: <https://anasaos1.wordpress.com/>.

As ondas eletromagnéticas no vácuo têm todas as velocidades iguais a da luz no vácuo, ou seja, iguais a $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

VAMOS CALCULAR A VELOCIDADE DA LUZ?

Em grupo, siga as instruções do roteiro a seguir e grave um vídeo sobre o experimento. Logo em seguida, na postagem do vídeo no blog da turma, responda em forma de texto as perguntas sobre a atividade.

Tarefa para casa: Atividade Experimental I

Medindo a velocidade da luz

OBJETIVO

Medir a velocidade da luz com um forno de micro-ondas.

MATERIAL

- Forno de micro-ondas.
 - Recipiente plano de vidro.
 - Material comestível pastoso: pode ser chocolate, manteiga, mussarela, cobertura de sorvete (camada de aproximadamente 2 cm de espessura e 18 cm de comprimento), etc.
- Escolha o mais adequado.
- Régua graduada em cm.

PROCEDIMENTOS

- a) Coloque o material comestível no recipiente plano de vidro e aqueça-o no micro-ondas por 15 s até que observe pontos em que ele derreteu.

OBS.: Talvez seja necessário refazer esse procedimento.

- b) Meça a distância do ponto médio dessas regiões mais “moles” consecutivas.

O valor obtido foi: _____ m.

- c) Multiplique esse valor por 2.

O valor obtido foi: _____

- d) Verifique a frequência do micro-ondas.

$f =$ _____

- e) Com os valores obtidos, calcule c (velocidade da luz no vácuo):

$c =$ _____

- f) Calcule o erro percentual da medida realizada:

Erro percentual: _____

- g) Calcule o comprimento de onda das micro-ondas:

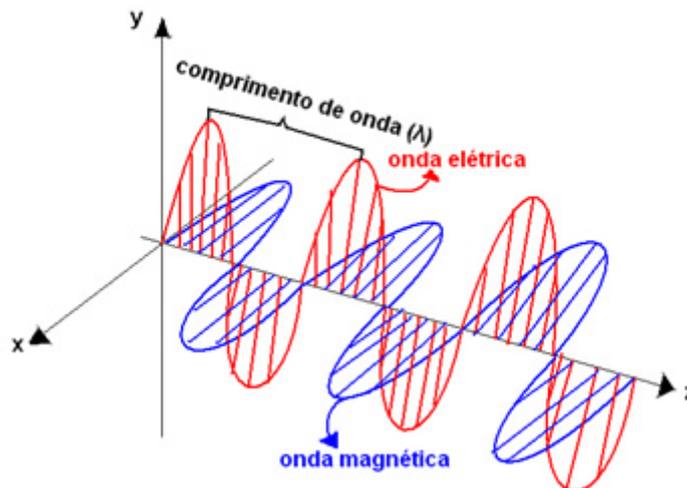
- h) Por que multiplicamos a distância entre dois pontos consecutivos por dois?

TERCEIRO MOMENTO INVESTIGATIVO

Texto histórico/Experimento

Introdução ao eletromagnetismo

A teoria do Eletromagnetismo foi proposta por James Maxwell ao tentar explicar a relação existente entre magnetismo e eletricidade, unificando-as, com base no conceito de campo eletromagnético. Veja na figura abaixo, uma onda eletromagnética:



Fonte: brasilescola.com

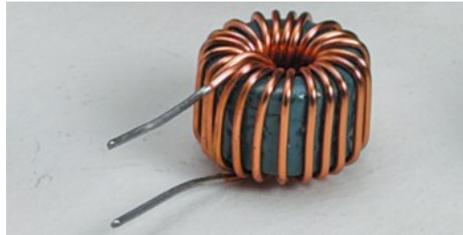
Acerca do campo elétrico, no qual ele pode ser produzido por um campo magnético variável, foi proposto por Michel Faraday por meio de experimentos, já o contrário, pelos esforços teóricos de James Clerk Maxwell.

Depois que Oersted demonstrou, em 1820, que a corrente elétrica afetava a agulha magnética, Faraday deduziu que o campo magnético também era capaz de produzir campo elétrico. Através de seu experimento com uma toróide, dois fios, uma bateria e um galvanômetro, ele percebeu uma deflexão no galvanômetro. Segundo Hayt:

Em termos de campo, dizemos agora que o campo magnético variável produz uma força eletromotriz que pode estabelecer uma corrente em um circuito fechado adequado. Uma força eletromotriz é tão somente uma tensão que aparece nos

condutores que se movem em um campo magnético ou que vem de campos magnéticos variáveis (HAYT, 1983, p. 265).

Exemplo de uma toróide



Fonte: mgsel.com.

Somente após 23 anos que Maxwell comprovou teoricamente o eletromagnetismo (1865) é que Henrich Rudolph Hertz (físico alemão), experimentalmente, pôde demonstrar essa teoria através de um transmissor de ondas.

No início do séc. XIX, Young através de seu experimento, verificou o fenômeno de interferência, característico de ondas eletromagnéticas, fazendo com que as ideias de Newton à respeito da luz fossem abandonadas.

²SUGESTÃO: O PROFESSOR PODE REPRODUZIR O EXPERIMENTO DE FARADAY E O DE OERSTED.

VAMOS “REPRODUZIR” O EXPERIMENTO???

Atividade experimental II

Redes de difração e interferência luminosa

OBJETIVOS

- Observar o comportamento da luz como onda eletromagnética.
- Compreender o fenômeno da difração da luz quando esta incide sobre um fio de cabelo.
- Analisar o padrão de interferência da luz difratada que passa por um fio de cabelo.

INTRODUÇÃO

² Esses experimentos podem ser encontrados em: <https://www.youtube.com/watch?v=QjKy_myFHx4> e <https://www.youtube.com/watch?v=_y9sP9khil4>.

As ondas podem sofrer o efeito de diversos fenômenos, dentre eles estão a difração e a interferência. A difração corresponde à possibilidade de uma onda contornar o obstáculo que se interpõe à sua frente, e ocorre para qualquer tipo de onda mecânica ou eletromagnética.

A difração ocorre também quando a luz atravessa fendas estreitas, da ordem do comprimento de onda da luz incidente, projetando-se sobre um anteparo, regiões brilhantes ou escuras. Iluminando com um feixe de luz raios paralelos e monocromáticos (de uma só cor) um pedaço de papelão, por exemplo, no qual há uma fenda. Se a fenda é larga será projetada na tela uma tira luminosa de contornos bem definidos. Ao estreitar a fenda, a tira luminosa irá se alargar ao invés de diminuir. A luz invade a região de sombra. Quanto mais estreita for a fenda, mais acentuado será o efeito da difração.

O fenômeno da difração foi observado pelo físico e matemático Francesco Maria Grimaldi (1618 -1663), no século XVII, mas só foi explicada por Fresnel em 1817, através da sua teoria matemática para a difração da luz baseada na hipótese ondulatória de Huygens, quando ganhou o prêmio oferecido pela Academia de Ciências de Paris.

Denominamos interferência ao efeito da superposição de duas ou mais ondas. A interferência é dita construtiva quando a superposição ocorre com dois pulsos de mesma frequência e em concordância de fase. Já, ela é dita destrutiva quando a superposição ocorre com dois pulsos de mesma frequência e oposição de fase.

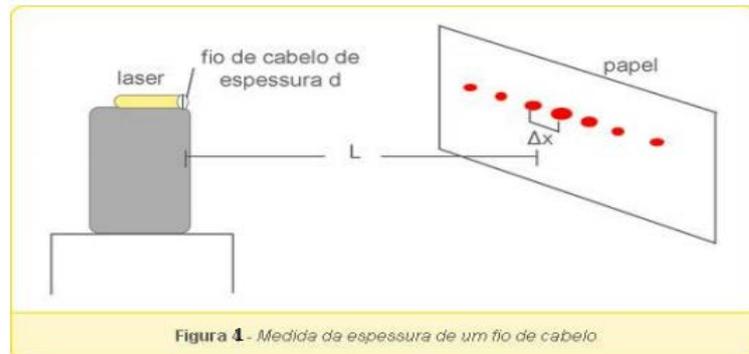
Neste experimento será utilizado um apontador laser (laser point), por isso apresentamos algumas características desta fonte de luz. O significado da sigla “laser” em inglês é “light amplification by stimulated emission of radiation” e em português é traduzida como “amplificação de luz pela emissão estimulada de radiação”. Foi inventado em 1960 e o feixe laser apresenta as seguintes características:

- Monocromático - todas as ondas de luz têm a mesma frequência;
- Coerente - todas as ondas de luz estão em fase;
- Colimada - todas as ondas de luz são paralelas.

O comprimento de onda do laser vermelho é aproximadamente: $\lambda = 650$ nanômetros ($650 \times 10^{-9}\text{m}$).

O laser é utilizado na medicina, odontologia, indústria, entre outros.

A difração da luz quando é decorrente da incidência da luz monocromática em um obstáculo, por exemplo, um fio de cabelo, vai apresentar regiões claras e escuras como mostra a figura 1, onde Δx é a distância entre os dois máximos da luz difratada no anteparo.



Fonte: http://177.71.183.29/acessa_fisica/subsites/256/src/imagens/figura2_2.jpg

Sobre o experimento:

- 1- Foi possível observar regiões claras e escuras. O que essas “faixas” representam?

Explique a sua resposta.

- 2- A interferência é uma característica de ondas eletromagnéticas. Este experimento permite observar esse fenômeno na luz? Como isso é possível?

- 3- Dê algum exemplo de interferência de ondas eletromagnéticas e suas implicações.

QUARTO MOMENTO INVESTIGATIVO

Texto/Simulação

Somente em 1900 e 1905, respectivamente, Max Planck e Albert Einstein deram início a teoria de quantização da luz.

Einstein ao explicar o efeito fotoelétrico (verificado por Hertz, primeiramente) só o pôde fazer ao perceber a luz como sendo composta de pequenos pacotes de luz, os quanta, ou fótons (feixes de luz).

Quantizando a luz, seja esta emitida ou incidida, pode-se explicar diversos fenômenos que ocorrem com a mesma, dando a característica dual onda-partícula.

Simulação: a natureza dual da luz

- Simulação 1: luz como onda:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/quantum-wave-interference

- Simulação 2: luz como partícula:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric

1- Após observar as simulações apresentadas e interpretá-las, responda:

- a) Através dos experimentos, foi possível comprovar qual teoria? Justifique a sua resposta com exemplos.

- b) De acordo com a resposta anterior, qual seria o papel da experimentação na produção do conhecimento científico?

- c) Que características da luz como partícula são observadas na simulação 2? E da luz como onda (simulação 1)?

Tarefa para casa: Vídeo e questionário interativo

Agora que aprendemos um pouco mais sobre o comportamento dual da luz, assista ao vídeo disponível no aplicativo online *edpuzzle* <<https://edpuzzle.com/assignments/5a77b777703f8c4100eccfdb/watch>> e responda ao questionário proposto sobre a natureza da luz³.

Acesse também pelo QR – code:



Obs.: Ao entrar no *site*, o aluno fará o cadastro e confirmará sua entrada na turma, tendo acesso ao conteúdo do vídeo e do questionário.

³ Professor, você encontrará um tutorial e o gabarito das questões no apêndice I deste material didático. Este questionário está disponível em: <<https://edpuzzle.com/media/5bb0df1fd108d5406217394c>>

Questionário *Edpuzzle*

- 1- Pesquise na internet e em livros sobre os problemas enfrentados pela física no final do séc. XIX ao usar a teoria clássica da luz para explicá-los e as suas implicações na Ciência.
- 2- O efeito fotoelétrico consistia em um fenômeno que ocorria quando algumas superfícies metálicas eram iluminadas e elétrons eram arrancados, produzindo uma corrente elétrica.
 - a) Verdadeiro
 - b) Falso
- 3- Cite os dois exemplos citados no vídeo em que as previsões da teoria clássica sobre o efeito fotoelétrico não eram observadas.
- 4- Segundo Einstein, para aumentarmos a energia do fóton, era necessário aumentar
 - a) a intensidade
 - b) a amplitude
 - c) a frequência
 - d) o tempo
- 5- Você poderia citar aplicações em nosso cotidiano do efeito fotoelétrico? Justifique a sua resposta.
- 6- O que seria o fóton?
- 7- Quais são as características em comum desse modelo particular da luz com o modelo corpuscular de Newton? Em que elas se diferem?
- 8- A ciência é mutável? Justifique a sua resposta, dando exemplos da Física.

- 9- Qual é a função do experimento na produção do conhecimento científico? Justifique sua resposta com o experimento de Compton.
- 10- No início do séc. XX, houve uma ruptura com o paradigma da física clássica, havendo necessidade de uma nova física. Dessa forma, toda a teoria clássica foi descartada.
- a) Falso
 - b) Verdadeiro
- 11- Explique o fenômeno ondulatório de interferência.
- 12- Durante o séc. XIX imperava a doutrina mecanicista. Que fator foi primordial para o surgimento de uma nova física no séc. XX?
- a) Nada. Pois a física estava finalizada.
 - b) O reaproveitamento da teoria clássica, pois ela era inquestionável.
 - c) A física clássica previa com grande êxito os fenômenos naturais, dessa forma, houve acúmulo do conhecimento de forma gradativa (ciência normal).
 - d) Necessidade de explicar fenômenos que eram contrários à física clássica ou insatisfeitos.

QUINTO MOMENTO INVESTIGATIVO

Texto teórico/Maquete do olho

Estrutura do olho humano

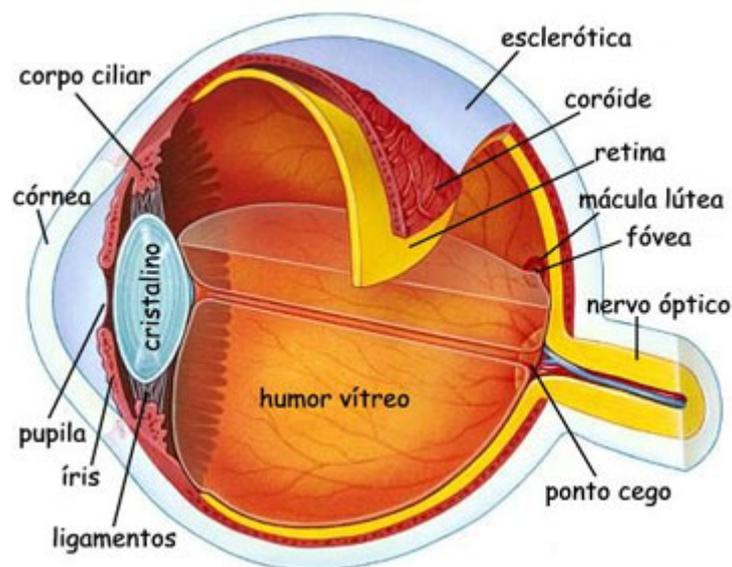
A luz do ambiente é refletida nos objetos e é através desses raios refletidos que conseguimos enxergar.

Mas o mecanismo da visão se dá dessa forma tão simples? Como você acha que ocorre o processo da visão?

Em sua opinião, quem é o protagonista desse processo?

Na verdade, meu caro aluno, esse mecanismo tão importante a nós seres vivos se dá de uma maneira muito complexa.

Vamos adentrar no interior do olho humano através da nossa imaginação e dos recursos tecnológicos que nos são dispostos.



Fonte: explicatorium.com

Tarefa para casa: Seminário sobre maquete do olho humano

Uma maneira de compreendermos o mecanismo da visão de uma forma lúdica (concreta) é a confecção de uma maquete do olho humano. Assim, é possível perceber a importância de cada estrutura do olho e explorar em sala de aula esse material com o intuito de facilitar a aprendizagem dos conceitos, de forma interdisciplinar.

A turma será dividida em 4 grupos. Dois deles montarão uma câmara escura e explicarão o processo de formação da imagem na retina. Os outros grupos usarão a maquete para explicar a interação da luz com as estruturas do olho, porque enxergamos apenas uma faixa do espectro eletromagnético, a importância da vitamina A no mecanismo da visão.

Os trabalhos serão avaliados de acordo com a concordância com o tema proposto, a criatividade e a execução dos objetivos (compreender a formação da imagem na retina, entender as funções das estruturas do olho nesse processo e descrever o mecanismo da visão).

Os grupos apresentarão as maquetes à turma no último momento de aula.

Se pudéssemos penetrar ainda mais as camadas, veríamos a existência de células muito importantes para a visão: são chamadas de células fotorreceptoras. Iremos compreender como ocorre a interação das partículas de luz (os quanta, está lembrado?) com os bastonetes e cones, situados no interior da retina.

A luz é focalizada através do fenômeno físico chamado de refração, em que ocorre mudança de direção do feixe luminoso da superfície da córnea centralizando na retina, sendo a íris responsável pela quantidade de luz que penetra no olho.

No olho, também ocorre o fenômeno de difração, que corresponde a um efeito de espalhamento ou contorno que ocorre quando ondas passam por um orifício cuja dimensão não é muito maior do que o comprimento de onda. Entretanto, em nossa pupila, esse fenômeno é imperceptível, exceto em situações como a de não conseguirmos diferenciar os dois faróis de um carro que está a alguns quilômetros de distância.

SEXTO MOMENTO INVESTIGATIVO

Texto teórico/Atividade experimental

Fenômeno da refração

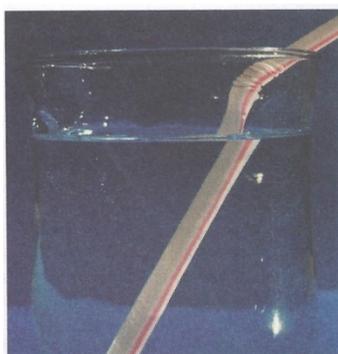
A luz pode atravessar alguns meios transparentes, como a água, o vidro, diamantes entre outros. Ao atravessá-los muda a sua velocidade podendo também mudar de direção.

Esse fenômeno de mudança de velocidade quando a luz atravessa um meio com densidades diferentes é chamado de refração e ao atravessar diz-se que a luz foi refratada.

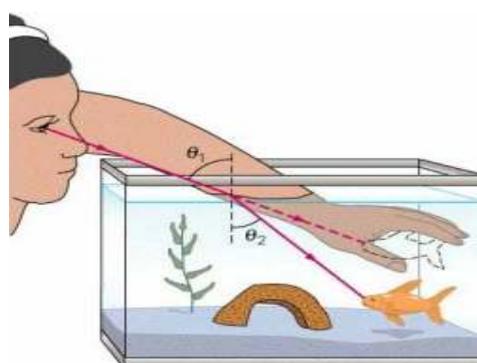
No ar a velocidade da luz é de 300.000 km/s, na água sua velocidade é reduzida em 25% enquanto no vidro sua velocidade é reduzida em 30%.

Para que haja a refração com mudança de direção, a luz deve ser incidida sobre o novo meio sob certo ângulo e não diretamente. O valor desse ângulo determina a quantidade de luz desviada.

A refração da luz produz alguns fenômenos como as miragens, o arco-íris e alguns efeitos ópticos estranhos. Graças a esse fenômeno um copo grosso de vidro parece mais cheio do que realmente está, o Sol aparentará pôr-se vários minutos após o ocorrido, os peixes dentro d'água nunca estão na posição que o vemos (vide na figura abaixo), bem como os astros no céu e também permite corrigir alguns defeitos do olho humano com lentes.



Fonte: saladefisica.com



Fonte: Conexões com a Física.

Na primeira figura, o canudo parece estar quebrado, já o peixe parece estar numa posição mais acima do que realmente está. Isso ocorre devido ao fenômeno da refração.

Atividade experimental III: Fazendo um objeto desaparecer

Imagine um objeto feito inteiramente de vidro imerso em glicerina contida num recipiente também de vidro. Como o objeto é visto por um observador situado no ar?

MATERIAL:

- um copo de vidro cilíndrico;
- glicerina.
- placa de vidro;

MONTAGEM

Encha o copo com glicerina e insira a placa de vidro no copo. Observe o que ocorre com a parte submersa.

QUESTÃO

O que ocorreu com a parte submersa? Como podemos explicar esse fato?

R.: Os índices de refração da glicerina e do vidro são praticamente os mesmos. A luz ao passar da glicerina para o vidro não sofre mudança de velocidade. Isso significa que não será possível identificar o material no interior da glicerina. Ele parecerá invisível. Entretanto, o formato circular do copo, colabora para esse efeito óptico.

Sugestão de site

No endereço: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/bending-light é possível simular efeitos ópticos da refração, reflexão e a lei de Snell-Descartes.

SÉTIMO MOMENTO INVESTIGATIVO

Texto teórico

Lei de Snell-Descartes/Formação da imagem no olho e visão

Snell era um matemático holandês que verificou, no caso de dois meios diferentes (por exemplo: ar e água), que a razão entre os senos do meio 1 pelo meio 2 era correspondente a razão das velocidades do meio 1 pela do meio 2 e que esse valor era constante para esses meios.

$$\frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} .$$

No caso em que o meio 1 é o vácuo com qualquer meio 2, temos velocidade 1 (v_1) correspondente à velocidade da luz no vácuo (c). Então, teremos $\frac{c}{v}$ que resulta no que chamamos de índice de refração (η).

$$\eta = \frac{c}{v} .$$

Através de experimentos e do uso dessa equação, podem-se conhecer os valores dessas constantes para meios diferentes. Veja na tabela abaixo os valores de alguns índices de refração.

Índices de refração de alguns meios:

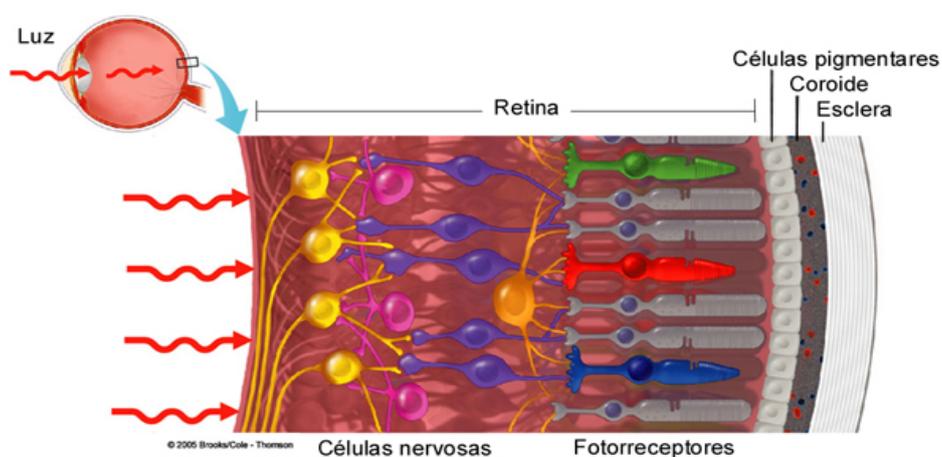
Substância	η
Vácuo	1,0000
Ar	1,0003
Humor aquoso	1,33
Humo vítreo	1,34
Córnea	1,38
Cristalino	1,40

A retina está localizada na parte interna do olho e tem aproximadamente 0,5 mm de espessura. Nela, estão presentes muitos nervos, e é onde ocorre a transformação da

informação luminosa em impulsos elétricos que serão enviados para o cérebro, mais precisamente no córtex visual, que fará a interpretação das formas, cores, percepção de movimentos e sobreposição de imagens captadas pelos dois olhos.

Essa etapa da formação da imagem na retina ocorre analogamente ao funcionamento de uma câmera fotográfica: após a refração da luz na lente, a imagem é formada no filme invertida. Contudo, na visão, o cérebro é o responsável por interpretar a imagem.

Na figura abaixo, está representada a retina com seus componentes principais: os cones e os bastonetes.



Fonte: naukas.com

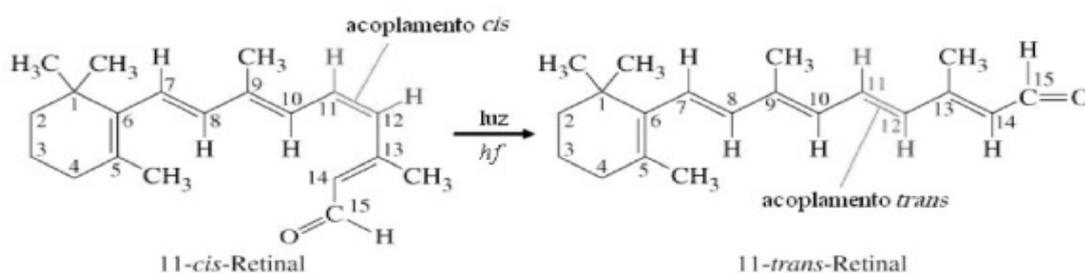
Estima-se que o homem tenha 6,5 milhões de cones em cada olho, essas células são sensíveis a luz correspondente às cores primárias (azul, verde e vermelho) e, portanto, responsável por uma visão mais detalhada durante o dia. As demais cores são obtidas através da combinação da resposta dos diversos cones.

Já os bastonetes estão estimados em 120 milhões por olho, são pouco sensíveis às cores, mas funcionam bem com luzes de baixa intensidade, por isso, são responsáveis pela visão acromática (preto e branco).

Cada bastonete é formado por milhões de moléculas de rodopsina (pigmento fotossensível). Essas moléculas são compostas por uma proteína e por um derivado da vitamina A. Por essa razão, a importância da ingestão de vitamina A no auxílio à visão.

A rodopsina é decomposta em outros componentes, a principal é a rodopsina ativada, pois é ela que produz os impulsos elétricos que serão interpretados como luz pelo cérebro.

As variações estruturais ao redor de uma ligação dupla na porção retinal da molécula inicia uma série de reações químicas que resultam na visão. Ou seja, o processo envolve um sistema complexo em que o composto em sua forma *cis* é convertido em sua forma *trans*. A luz absorvida é deslocada através de ligações duplas alternadas.



Fonte: Simulação da visão das cores.

A luz como fóton (partícula) fornece energia eletromagnética do pulso luminoso para ser transformado em pulso elétrico que será conduzido pelo nervo ótico (localizado na retina) até a parte detrás do cérebro (córtex visual) para ser decodificado.

Contudo, se o fóton tiver frequência inferior a limite (energia insuficiente para iniciar uma reação fotoquímica), por exemplo, na faixa do infravermelho, ele não será detectado pelo olho humano. Já quando ele possui energia acima da necessária para a reação (fóton ultravioleta), ele é absorvido antes de chegar à retina.

$$E = h \cdot f$$

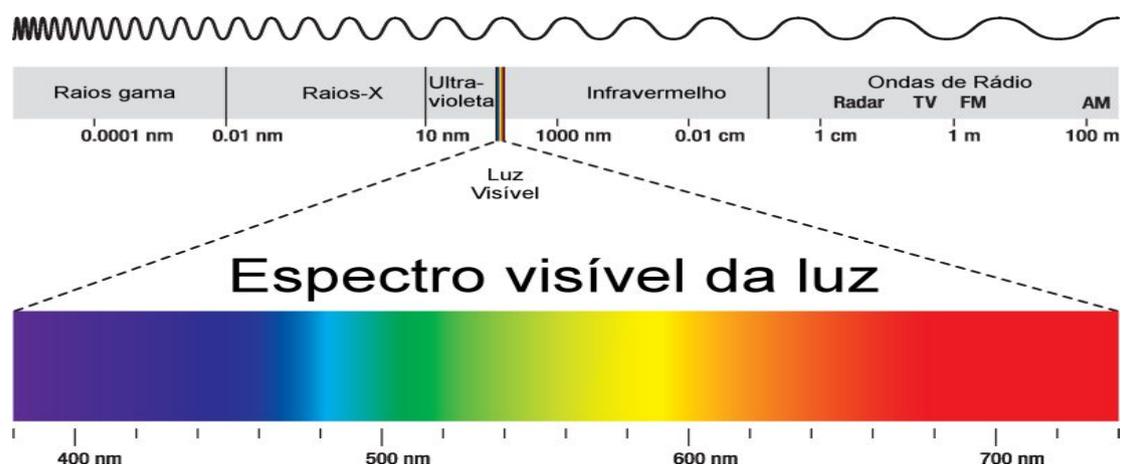
E= energia do fóton, em J (Joules)

h=constante de Planck ($h= 6,63 \cdot 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$)

f= frequência, em Hz

Quanto maior é a frequência, maior é a energia do fóton.

E é justamente por esta razão que há uma faixa de radiação eletromagnética visível ao olho humano e outra faixa em que não temos essa percepção, exceto alguns animais a tem.



Espectro eletromagnético. Fonte: infoescola.com

PROVANDO...

Ao manusear um controle de TV antigo, percebe-se que “a led não pisca”. Entretanto, se apertamos qualquer botão dele e fotografarmos essa ação, veremos na fotografia “uma luz”.

De acordo com os conhecimentos adquiridos, como esse fato seria possível?

R.: Com apenas uma câmera fotográfica de celular e um controle de TV modelo antigo, podemos visualizar ondas eletromagnéticas que não são perceptíveis ao nosso olho. A câmera tem sensibilidade a essa faixa de luz, de forma que nas fotos, elas se tornam visíveis ao nosso olho.

A **cor** é a resposta de nossos olhos às **frequências** da luz (sensação visual), ou seja, cada cor tem uma frequência.

Os objetos vermelhos absorvem todos os componentes da luz branca e refletem apenas o vermelho.

Os comprimentos de ondas correspondentes às cores primárias são: 700 nm para o vermelho, 546 nm para o verde e 436 nm para o azul.

Apesar de nossos cones serem sensíveis a três tipos de cor, conseguimos enxergar 100.000 combinações. Isso se deve ao fato de mais de um cone poder ser sensibilizado.

Qual é o papel do cérebro no mecanismo da visão?

O resultado é processado pelo cérebro com uma percepção específica de determinada cor.

Esse procedimento ocorre também no funcionamento da TV (sensibilização dos cones de acordo com a variação da intensidade de luz nos comprimentos de onda primários).

Quando não há cones sensíveis a determinada cor, ocorre o daltonismo.

OITAVO MOMENTO INVESTIGATIVO

Aplicação do conhecimento

Daltonismo

O Daltonismo é uma perturbação da percepção visual caracterizada pela incapacidade de diferenciar todas ou algumas cores, manifestando-se muitas vezes pela dificuldade em distinguir o verde do vermelho.

Normalmente é de origem genética, mas pode ser causado por lesão nos órgãos responsáveis pela visão, ou de lesão de origem neurológica.

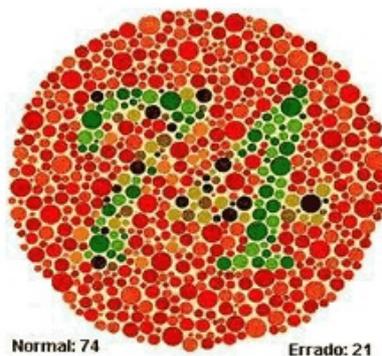
Há 130 milhões de pessoas no mundo com daltonismo.

No século XVIII, o químico John Dalton foi o primeiro cientista a estudar a anomalia de que ele mesmo era portador.

O Daltonismo está geneticamente ligado ao cromossoma X, ocorrendo mais frequentemente entre os homens.

A verificação para a cegueira das cores pode ser feita pelo teste de Ishihara. Pessoas normais enxergam o número 74, enquanto o daltônico vê o número 21.

Figura 1 – Teste de Ishihara.



Fonte: Luz e Visão

A seguir algumas imagens de como um daltônico vê o mundo.

Figura 2 – O mundo do daltônico.



Fonte: Colour blind simulator

Sugestão de site

No *site* <https://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/> encontra-se um simulador de como um daltônico enxerga as coisas.

Obs.: O professor disponibilizará um tempo para que os alunos resolvam algumas questões selecionadas do caderno de questões, em grupo (nono momento investigativo). Logo em seguida, será aplicado um questionário individual de múltipla escolha através do aplicativo online *plickers*.

Questionário Interativo *Plickers* – Luz e Visão⁴

- 1- Diante de tantos "personagens" no processo da visão, qual seria o protagonista desse evento?
 - a) O olho
 - b) A luz
 - c) O cérebro
 - d) O objeto

- 2- Por que a vitamina A é fundamental para o sentido da visão?
 - a) Porque o derivado dela serve como reserva de energia, que será usada para transformar a molécula cis em trans.
 - b) Porque ela proporciona energia às células fotossensíveis.
 - c) Porque a molécula de rodopsina é composta por um derivado da vitamina A e é essa molécula que é responsável pela transformação dos impulsos luminosos em elétricos.
 - d) Porque quando ela é quebrada, libera energia, sendo conduzida pelo nervo ótico ao cérebro.

- 3- No experimento com o laser e o fio de cabelo, foi possível observar com nitidez dois fenômenos característicos de ondas. São eles:
 - a) Difração e interferência
 - b) Interferência e refração
 - c) Reflexão e difração
 - d) nenhuma das anteriores

- 4- Os bastonetes são células fotorreceptoras que estão presentes em maior número em nossa retina e são responsáveis pela visão em cores.
 - a) Verdadeiro
 - b) Falso

- 5- No século XVII, duas teorias sobre a natureza da luz ganharam dois importantes adeptos. Quais são elas?
 - a) Da Vinci: ondas e Newton: corpúsculos
 - b) Huygens: ondas eletromagnéticas e Newton: corpúsculos
 - c) Aristóteles: partícula e Da Vinci: ondas
 - d) Huygens: ondas e Newton: partícula

⁴ Há um tutorial e gabaritos no apêndice II deste material didático.

- 6- Os cones são células fotossensíveis à luz nas cores primárias, responsáveis por uma visão melhor diurna.
- a) Verdadeiro
 - b) Falso
- 7- A dualidade onda-partícula da luz pode ser explicada como:
- a) A luz pode ser onda ou pode ser partícula.
 - b) A luz tem característica de onda mecânica e de partícula ao mesmo tempo.
 - c) A luz é onda e partícula. Depende do observador.
 - d) A luz é onda e partícula. Depende da intensidade luminosa e se a luz é monocromática, como o laser.
- 8- Fótons são pacotes de luz.
- a) Verdadeiro
 - b) Falso
- 9- O efeito fotoelétrico tem várias aplicações em nosso dia a dia, um exemplo é:
- a) a lâmpada fluorescente.
 - b) porta automática do shopping.
 - c) o laser.
 - d) os carros modernos de injeção eletrônica.
- 10- Por que nossos olhos não detectam a maior parte do espectro eletromagnético?
- a) Porque todos esses fótons são absorvidos antes de chegar à retina.
 - b) Porque os fótons absorvidos possuem energia inferior a limite.
 - c) Porque os fótons com energia superior não iniciam uma reação fotoquímica.
 - d) Porque esses fótons não possuem energia suficiente para gerar uma reação fotoquímica ou são absorvidos antes de chegar à retina.
- 11- Em relação à função de algumas estruturas do olho, qual das alternativas abaixo está correta?
- a) retina- formação da imagem.
 - b) esclera- responsável pela cor dos olhos.
 - c) pupila- estrutura responsável pela transformação de luz em impulsos elétricos.
 - d) íris- controle da luminosidade.
- 12- Na visão, quando a luz atravessa nossas lentes, ela sofre diversas refrações até chegar à retina.
- a) Verdadeiro

b) Falso

13- Em 2015, uma fotografia compartilhada na rede social *twitter* trouxe muitas dúvidas a quem a observasse. A foto de um vestido trazia a seguinte questão quanto a suas cores: "azul e preto" ou "branco com dourado"? Essa confusão pode ser explicada por:



- a) daltonismo.
- b) interpretação pessoal
- c) falta de objetividade
- d) ilusão de ótica

14- Sobre o daltonismo, é correto afirmar:

- a) O Daltonismo está geneticamente ligado ao cromossoma X, ocorrendo mais frequentemente entre as mulheres.
- b) O Daltonismo é uma perturbação da percepção visual caracterizada pela incapacidade de diferenciar todas ou algumas cores.
- c) O daltonismo foi estudado primeiramente pelo químico Jonas Dalton, portador dessa doença.
- d) O teste de Ishihara é um dos testes menos eficaz para detectar a cegueira das cores.

15- Todos os animais enxergam da mesma maneira, ou seja, na mesma faixa do espectro eletromagnético.

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Mecanismo da visão em outros animais

O modo como cada animal percebe a luz depende de como consegue o alimento, como foge dos predadores, se é noturno ou diurno, como acasala entre outros fatores.

Nos vertebrados quase todos os olhos são semelhantes com o olho humano, no entanto há uma grande variedade de olhos.

Os receptores de luz, assim chamados porque não são olhos, mais simples e rudimentares pertencem à crustáceos microscópicos e são chamados de ocelos que só percebem claro e escuro. Enquanto que nos insetos, encontram-se a estrutura mais desenvolvida os chamados olhos compostos, que são formados por células especiais chamadas de omatídeos. As abelhas, por exemplo, conseguem enxergar do azul ao ultravioleta.

Os peixes, as borboletas, os pássaros e reptéis também podem enxergar colorido, porém alguns mamíferos não enxergam.

Já os cães não conseguem distinguir o verde do vermelho. Eles apenas enxergam uma escala de amarelos e azuis, enxergam bem com baixa iluminação por possuírem muitos bastonetes e nessas condições enxergam preto e branco.

Todavia os gatos enxergam azul, verde, amarelo e violeta e por possuírem muitos bastonetes conseguem identificar objetos que se movem rapidamente. Sua pupila à noite abre-se ao máximo concedendo-lhe uma excelente visão noturna.

Os animais noturnos, como a coruja, possuem uma enorme quantidade de bastonetes que são muito sensíveis à luz, possibilitando enxergar objetos com quase nada de iluminação.

Os falcões e as águias possuem a visão mais aguçada, podendo localizar sua presa a 300 m de altitude.

Os maiores olhos são o da lula chegando a 38 cm de diâmetro, enquanto o olho humano chega a 25 mm de diâmetro.

Em cada caso, a estrutura do receptor de luz ou do olho dos animais vai depender de suas necessidades específicas.

Figura 3 – Os olhos dos animais.



Fonte: Dreamstime.com



Fonte: Minilua.com

Ilusão de Óptica

Existem imagens que enganam, por um momento, o nosso cérebro. São chamadas de ilusão de óptica.

Por exemplo, o sol e a lua quando estão próximos do horizonte parecem ser maiores do que quando estão no alto do céu.

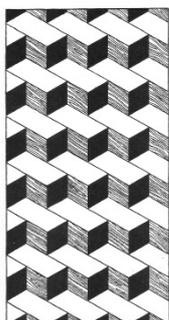
Nossos olhos podem nos enganar, por isso, devemos aprender a usá-los como a um instrumento.

Avaliar distância, direção e posição dependem do movimento de diversos músculos envolvidos na visão, além daquilo que a retina nos revela e da interpretação do cérebro.

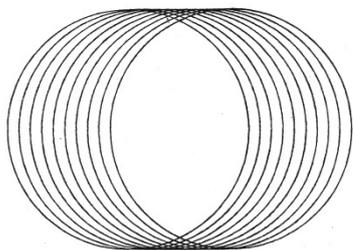
As imagens abaixo podem nos levar a julgamentos errôneos à primeira vista. A visão humana é altamente adaptável e o cérebro interpreta as informações recebidas pelos olhos a fim de perceber uma imagem aceitável, embora nem sempre precisa.

Todavia, quando são fornecidos certos sinais que, apesar de contraditórios, são igualmente aceitáveis, o sistema visual interpreta-os objetivamente. O fio enrolado e os cubos empilhados podem ser vistos em dois sentidos, e o cérebro vai e vem de uma vista para outra.

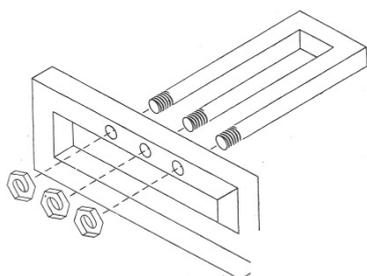
Figura 4 - Ilusões



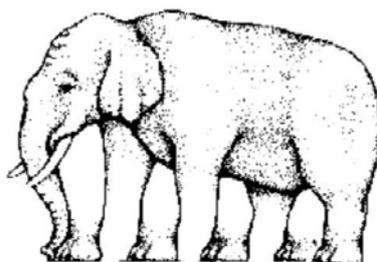
A pilha de blocos pode ser vista com os lados brancos, quer como base quer como topo.



O fenômeno da perspectiva reversível faz com que o fio enrolado pareça mudar de posição.



O garfo, o suporte e as roscas são rejeitados pelo cérebro como figuras impossíveis.



Quantas pernas tem o elefante?

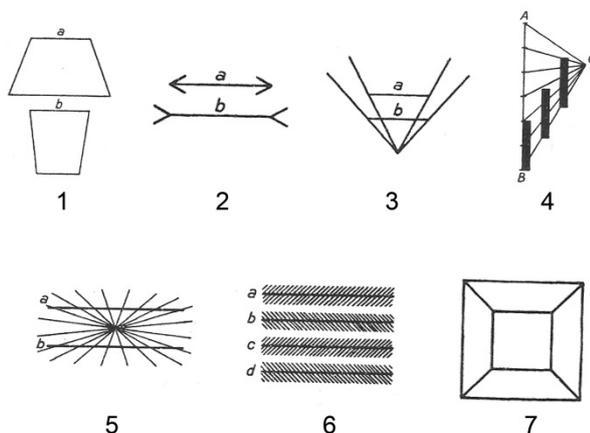
Obs.: O professor disponibilizará um tempo para que os alunos resolvam o restante do caderno de questões, individualmente (nono momento investigativo). Após um tempo, eles serão divididos em grupos para discussões. Em seguida, alguns representantes farão a correção dos problemas no quadro.

NONO MOMENTO INVESTIGATIVO

Questões

- 1- Um fóton de frequência $f=6 \cdot 10^{14}$ Hz penetra o olho humano. Sabendo que a faixa de luz visível está entre $4,3 \cdot 10^{14}$ - $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz, verifique se ele será detectado pelo olho. Justifique a sua resposta em termos de energia do fóton.
- 2- A luz amarela de sódio propaga-se na córnea com a velocidade de $2,18 \cdot 10^8$ m/s. Sendo a velocidade da luz no vácuo $c= 3 \cdot 10^8$ m/s, determine, aproximadamente, o índice de refração da córnea para a luz amarela de sódio.
- 3- A velocidade da luz no cristalino mede $\frac{5}{7}$ da velocidade no vácuo. Qual é o valor do índice de refração do cristalino?
- 4- Determine o comprimento de onda na córnea de uma luz cuja frequência vale $8,3 \cdot 10^8$ Hz. Sabendo que o índice de refração da córnea é $\eta = 1,38$ e a velocidade da luz no vácuo é $c= 3 \cdot 10^8$ m/s.
- 5- De maneira sucinta, comente sobre a dualidade onda-partícula da luz. E quais são os fatores que caracterizam a luz como onda eletromagnética?
- 6- A visão envolve fatores físicos, químicos e biológicos. Explique o mecanismo da visão numa linguagem interdisciplinar.
- 7- Calcule a velocidade da luz vermelha ($f=4,3 \cdot 10^{14}$ Hz) nos meios abaixo, sabendo-se seus índices de refração e calcule o comprimento de onda em cada meio:
 - a) Córnea ($\eta = 1,38$)
 - b) Cristalino ($\eta = 1,40$)
 - c) Humor vítreo ($\eta = 1,34$)

- 8- O nosso cérebro pode ser enganado por algumas imagens. Observe as imagens abaixo e comente sobre a ilusão de óptica que elas nos causam:



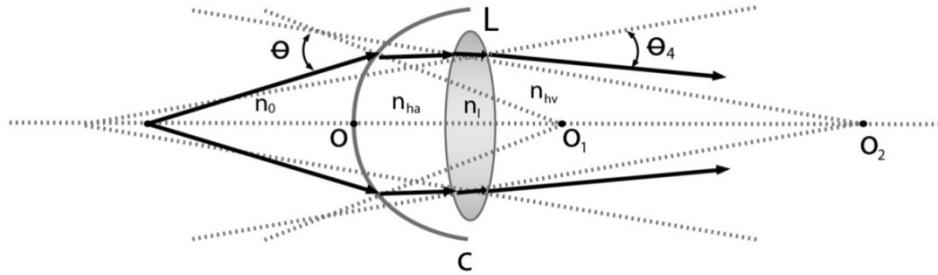
- Nas imagens 1, 2 e 3, observe os tamanhos dos segmentos representados na figura.
- Na figura 4, analise os postes quanto ao seu comprimento.
- Nas figuras 5 e 6: as linhas horizontais são paralelas?
- Observe a imagem 7: olhamos o interior do cubo ou para o alto dele?

Discuta com os colegas as suas observações. Nem tudo é o que parece ser!

- 9- A respeito da luz verde com o comprimento de onda igual a 525 nm:
- Qual é a sua frequência?
 - Quando essa luz penetra no cristalino ($n=1,40$), sua frequência não muda, apenas muda, a sua velocidade e seu comprimento de onda. Qual é o seu comprimento de onda nesse meio (cristalino)?

- 10- Através⁵ da lei de Snell- descartes, pode-se obter uma comparação à respeito dos ângulos incidente e os refratados quando a luz incide do humor aquoso para a lente e desta para o humor vítreo. Sabendo que o índice de refração da lente e a dos humores aquoso e vítreo são respectivamente, 1,424 e 1,336, compare esses ângulos e explique, através dos resultados, este efeito da focalização na córnea.

⁵Questão adaptada e figuras extraídas do livro: Biofísica – Fundamentos e Aplicações, de José Enrique R Durán (DURÁN, 2003).



Legenda:

C: córnea

L: lente

$n_0 = 1,000$

$n_l = 1,424$

$n_{ha} = n_{hv} = 1,336$

θ = ângulo de incidência

θ_4 = ângulo de refração

O_1 : centro de curvatura de C

O_2 : centro de curvatura de L

Caderno de Respostas

Questionário *Edpuzzle*:

2- A

4- C

10- A

12- D

Questionário *Plickers*:

1- B

2- C

3- A

4- B

5- D

6- A

7- C

8- A

9- B

10- D

11- A

12- A

13- D

14- B

15- B

Questões ao final do material:

1- Utiliza-se a equação $E = h \cdot \nu$:

$$E_{\text{máx}} = h \cdot f_{\text{máx}} \rightarrow E_{\text{máx}} = 7,5 \cdot 10^{14} \cdot h \text{ J}$$

$$E_{\text{mín}} = h \cdot f_{\text{mín}} \rightarrow E_{\text{mín}} = 4,3 \cdot 10^{14} \cdot h \text{ J}$$

$$E = h \cdot f \rightarrow E = 6 \cdot 10^{14} \cdot h \text{ J}$$

Como $E_{\text{máx}} < E < E_{\text{mín}}$, a energia do fóton está entre os limites de energia que o olho detecta, ou seja, o fóton será detectado pelo olho, pois tem energia suficiente para iniciar uma reação fotoquímica.

Para obter os valores de $E_{\text{máx}}$, $E_{\text{mín}}$ e E , basta substituir o valor da constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

$$E_{\text{máx}} = 49,7 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

$$E_{\text{mín}} = 28,5 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

$$E = 39,8 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

2- Usando a relação $\eta = \frac{c}{v}$:

$$\eta = 3 \cdot 10^8 / (2,18 \cdot 10^8)$$

$$\eta = 1,38$$

3- Substituindo os valores do enunciado em $\eta = \frac{c}{v}$:

$$\eta = \frac{c}{5/7c}$$

$$\eta = \frac{7}{5} = 1,4$$

4- Primeiramente, calcula-se a velocidade através da fórmula $\eta = \frac{c}{v}$

$$v = 3 \cdot 10^8 / 1,38$$

$$v = 2,17 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Substituindo os valores dados em $v = \lambda f$, temos

$$\lambda = 260 \text{ nm (lembrando que nm} = 10^{-9} \text{ m)}.$$

5-

A natureza da luz durante muitos anos foi discutida pelos filósofos e cientistas. Por possuir características correspondentes a ondas eletromagnéticas, como amplitude, a velocidade de propagação, a frequência e o comprimento de onda, Maxwell pode unificar a óptica e o eletromagnetismo. Além dessas características, a luz sofre fenômenos ondulatórios quando disposta em algumas situações: reflexão, refração, difração e interferência. Este último evidenciou ainda mais que a luz é uma onda, quando no século XIX, Young a demonstrou experimentalmente.

Alguns problemas da física só puderam ser compreendidos a partir do momento que enxergaram a luz como partícula (fóton, feixe de luz) e como tal, transferia quantidade de movimento.

A partir disso, a luz foi caracterizada como dual, ela se comporta como onda e como partícula, dependendo da intenção do experimento.

6-

O mecanismo da visão tem a sua complexidade desde a formação da imagem invertida na retina até o processamento da informação pelo cérebro.

A luz fornece energia luminosa a células receptoras (bastonete e cones) presentes na retina.

Os fótons excitam essas células, mas é necessária que a energia do fóton seja suficiente para que ocorra uma reação fotoquímica.

Há um pigmento fotossensível presente nos bastonetes, são as moléculas de rodopsina, elas são formadas de um derivado da vitamina A e são responsáveis por produzir os impulsos elétricos que serão transmitidos pelo nervo ótico até o cérebro (córtex visual) onde as informações recebidas serão decodificadas.

A carência de vitamina A pode causar cegueira noturna, já que essa funciona como uma reserva de rodopsina.

7-

$$a) \eta = \frac{c}{v}, v = 3 \cdot 10^8 / 1,38 = 2,17 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$v = \lambda f \rightarrow \lambda = 505 \text{ nm}$$

$$b) \eta = \frac{c}{v}, v = 3 \cdot 10^8 / 1,40 = 2,14 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$v = \lambda f \rightarrow \lambda = 498 \text{ nm}$$

$$c) \eta = \frac{c}{v}, v = 3 \cdot 10^8 / 1,34 = 2,2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$v = \lambda f \rightarrow \lambda = 512 \text{ nm}$$

8-

- a) Os seguimentos a e b são de mesmo tamanho. Com o auxílio de uma régua, pode-se concluir isso.
- b) De maneira análoga a letra a, os postes têm o mesmo comprimento.
- c) Sim, são paralelas.

- d) O jogo de cor e listras nos lados do cubo faz com que nossos olhos não consigam distinguir se estamos olhando para o interior do cubo ou para o alto dele. Provavelmente, os alunos verão de maneiras diferentes a mesma figura.

9-

- a) Para encontrarmos a frequência de um comprimento de onda $\lambda = 525 \text{ nm}$, usaremos a equação da velocidade da onda ($v = \lambda f$), usando o valor da velocidade da luz no vácuo:

$$f = 3 \cdot 10^8 / 525 \cdot 10^{-9} = 5,7 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

- b) Como a luz atravessou outro meio, sofrerá refração. Primeiramente, devemos calcular a velocidade. A velocidade no meio 2 pode ser obtida através do índice de refração.

$$\eta = \frac{c}{v}$$

$$v = 3 \cdot 10^8 / 1,4 = 2,14 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

E obtemos o comprimento de onda por: $v = \lambda f$

$$\lambda = 2,14 \cdot 10^8 / 5,7 \cdot 10^{14} = 375 \text{ nm}$$

10-

Meio I:

Humor aquoso

θ_1 e $\eta_1 = 1,336$



Meio II

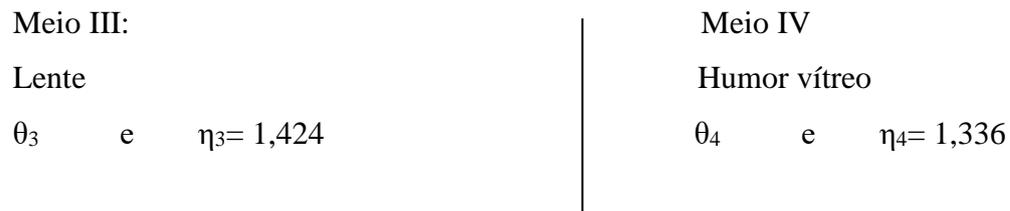
Lente

θ_2 e $\eta_2 = 1,424$

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2 \rightarrow \text{sen}\theta_1 = (n_2/n_1) \cdot \text{sen}\theta_2$$

$$\text{sen}\theta_1 = 1,066 \cdot \text{sen}\theta_2$$

O resultado indica que $\theta_1 < \theta_2$.



$$n_3 \cdot \text{sen}\theta_3 = n_4 \cdot \text{sen}\theta_4 \rightarrow \text{sen}\theta_3 = (n_4/n_3) \cdot \text{sen}\theta_4$$

$$\text{sen}\theta_3 = 0,938 \cdot \text{sen}\theta_4$$

O resultado indica que $\theta_3 < \theta_4$ e que $\theta_1 < \theta_4$. A convergência causada pela ação da lente do olho é evidenciada pelo resultado, mostrando o que experimenta os raios luminosos desde a pupila ao humor vítreo.

DÉCIMO MOMENTO INVESTIGATIVO

Seminário

O seminário consiste em uma atividade final, em grupo, a ser apresentada para a turma sobre o processo da visão, relacionando-a com a luz (onda eletromagnética/fótons).

Dependendo do número de alunos da turma, esta será dividida em quatro grupos:

- Um grupo fará a maquete da câmera escura.
- Outro grupo irá explicar o processo de formação da imagem na retina utilizando esse modelo, destacando o fenômeno da refração.
- Outro grupo fará a maquete do olho com suas estruturas bem demarcadas, incluindo uma parte extra que destaque as células fotorreceptoras (em escala maior).
- Por último, haverá um grupo que explicará a interação da luz com as estruturas do olho, porque enxergamos apenas uma faixa do espectro eletromagnético e a importância da vitamina A no mecanismo da visão.

Os trabalhos serão avaliados de acordo com a concordância com o tema proposto, a criatividade e a execução dos objetivos (compreender a formação da imagem na retina, entender as funções das estruturas do olho nesse processo e descrever o mecanismo da visão).

Na ficha a seguir, estão dispostos os critérios de avaliação desta atividade:

Ficha de avaliação dos trabalhos sobre Luz e visão

Classificação de 1 a 4, sendo: 1- RUIM 2- REGULAR, 3- BOM, 4- EXCELENTE de acordo com os parâmetros de avaliação abaixo:

Maquete e câmara escura

Parâmetros avaliativos	Nota
Concordância com o proposto	
Criatividade	
Clareza e objetividade na confecção	
Cumprimento de prazos	
Apreciação global	

Apresentações Orais

Parâmetros avaliativos	Nota
Clareza da apresentação	
Enquadramento do trabalho ao tema proposto	
Exemplos interessantes/ seleção de aspectos relevantes	
Dinâmica da apresentação	
Interação com os participantes do grupo	

Integrantes do grupo:

Observações:

REFERÊNCIAS

- BARDINI, Renan. Luz visível. *Blog cola da web*. Disponível em: <<http://www.colada.com/fisica/ondas/luz-visivel>>. Acesso em: 18 out. 2012, 12h 40min.
- BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. Acervo: Luz e Energia. *Portal do professor*. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/linkscursosmateriais.html?categoria=121>>. Acesso em: 17 out. 2014, 18h 31min.
- BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. *700 experiências, compilação da UNESCO*. Diretoria do Ensino Industrial, Brasília, 1964.
- DURÁN, José Henrique Rodas. *Biofísica: Fundamentos e Aplicações*. São Paulo, SP: Prentice Hall, 2003.
- FEYNMAN, Richard P.; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. *Lições de Física volume II*. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentos de física volume 4*. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- HAYT JÚNIOR, W. H. *Eletromagnetismo*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1983.
- LORETO, Élgion Lúcio da Silva; SARTORI, Paulo Henrique dos Santos. Simulação da visão das cores: decodificando a transdução quântica-elétrica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, Florianópolis: UFSC, p. 266-286, ago. 2008. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n2p266>>. Acesso em: 13 maio 2015, 14h.
- MUELLER, Conrad G.; RUDOLPH, Mae. *Luz e Visão*. Rio de Janeiro, RJ: Livraria José Olympio Editora, 1972.
- NISHIDA, Silvia M. *Apostila do curso de fisiologia: Sentido da visão*. IB Unesp-Botucatu: Departamento de Fisiologia, 2012.
- OKUNO, Emico; CALDAS, Iberê Luiz; CHOW, Cecil. *Física para ciências biológicas e biomédicas*. São Paulo, SP: Harper & Row do Brasil, 1982.
- SANT'ANNA, Blaidiet al. *Conexões com a Física volume 2*. 1.ed. São Paulo, SP: Moderna, 2010.
- TORQUATTO, Jonas. *Genética: o que esse assunto tem a ver com você?*. 1. ed. São Paulo, SP, 2009. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=95UWBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 12 dez. 2014, 11h 45min.
- TORTORA, Gerard J. *Corpo Humano: fundamentos de anatomia e fisiologia*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2000.

Apêndice I

TUTORIAL *EDPUZZLE*

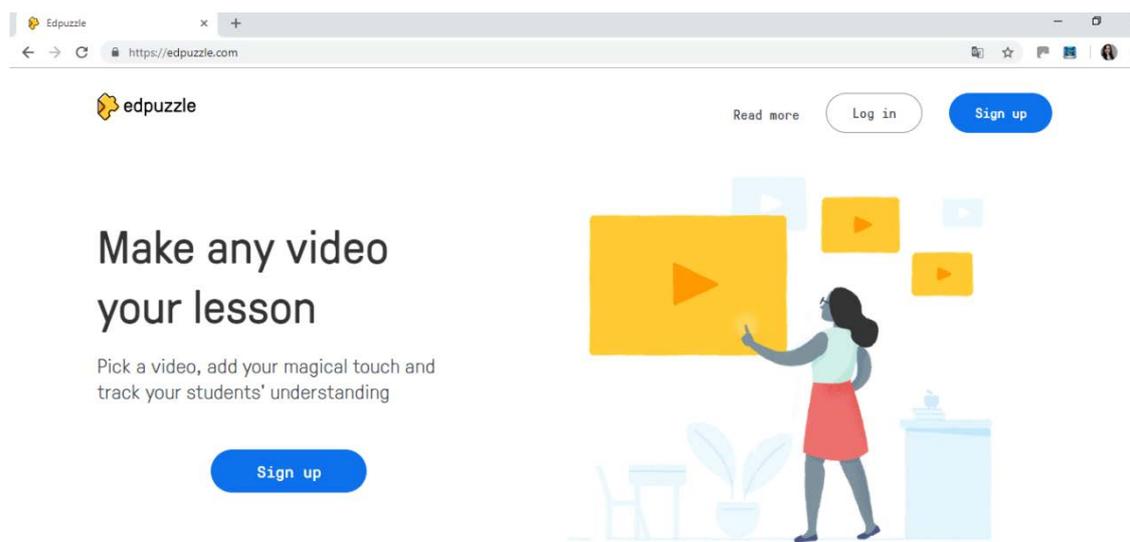
O QUE É *EDPUZZLE*?

O *edpuzzle* consiste em um aplicativo *online* que permite ao professor criar turmas onde estão dispostas questões inseridas ao longo de um vídeo. Após a criação da turma e a disponibilização do link aos alunos, o professor poderá estabelecer um prazo no *site* do *edpuzzle* para que os alunos conclua a atividade.

Além de possibilitar uma avaliação individual, interativa e diferenciada, o aplicativo permite ao professor a retomada de conteúdo, traz os resultados gerais e individuais das questões e utiliza de novas tecnologias no ensino, proporcionando um ensino mais qualitativo e extra sala de aula.

Ele pode ser acessado através do endereço eletrônico: <www.edpuzzle.com>.

Figura 1: Layout do site do aplicativo *Edpuzzle*.



Fonte: Autoria própria.

COMO ACESSAR?

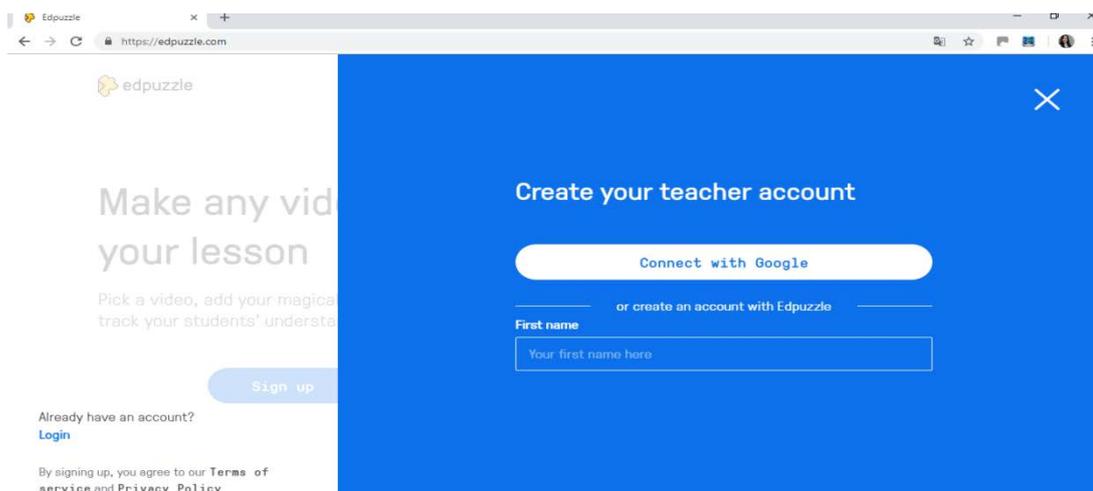
- 1º passo: acesse o endereço eletrônico do *Edpuzzle*.

<<https://www.edpuzzle.com>>

- 2º passo: cadastre-se pela conta *Google* ou pela conta *Edpuzzle*.

Clique em *Sign up* para fazer o cadastro. Logo em seguida, clique em *Sign up as a teacher* (opção para cadastro como professor) e aparecerá a tela a seguir:

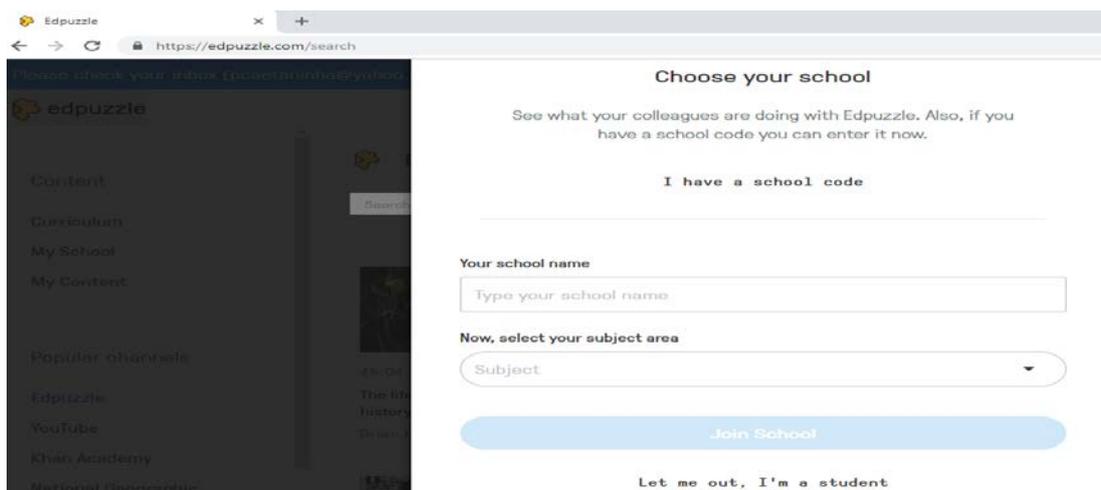
Figura 2: Tela de cadastro pela conta *Google* ou pela conta *Edpuzzle*.



Fonte: Autoria própria.

Escolha a opção “Connect with Google” caso possua uma conta *Google* ou crie uma conta com o *Edpuzzle*, preenchendo os dados solicitados. Após efetuar o cadastro e *logar* no site, aparecerá uma tela em que poderá introduzir o código da escola, caso o tenha ou em que poderá especificar a escola em que dá aula e a área. Desse modo, facilita a conexão de professores da mesma instituição de ensino e o compartilhamento de informações. Em seguida, você será direcionado para um tutorial de apresentação das funcionalidades do aplicativo.

Figura 3: Escolha da escola.

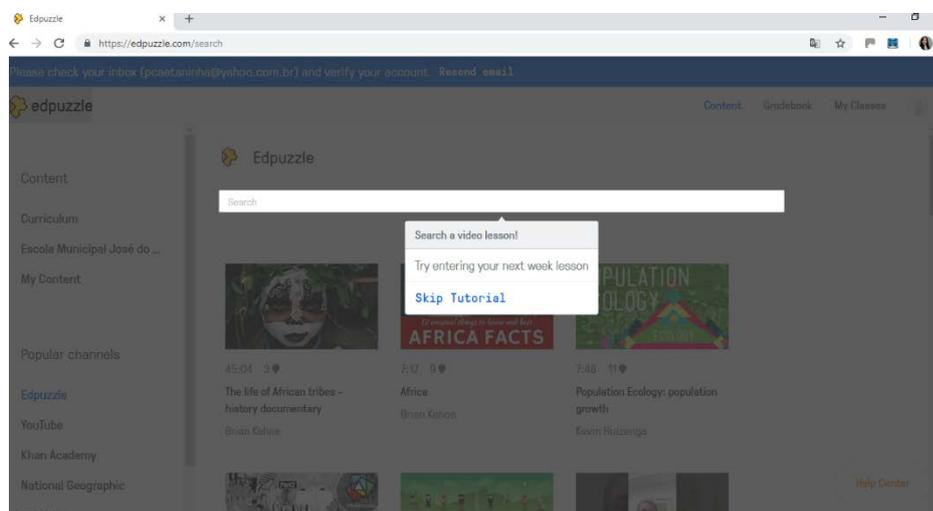


Fonte: Autoria própria.

- 3º passo: apresentação das funcionalidades do *Edpuzzle*.

Nesta etapa, o site oferece um tutorial que permite uma familiarização com o aplicativo *Edpuzzle*, guiando o professor pelo site e pelas suas funcionalidades.

Figura 4: Tutorial oferecido pelo site do *Edpuzzle*.



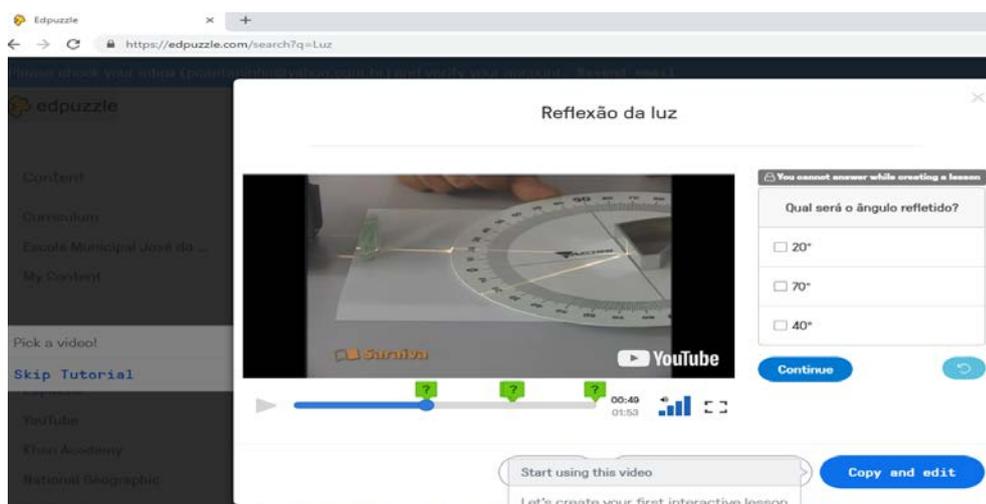
Fonte: Autoria própria.

Na função “Content” (conteúdo), o docente poderá buscar vídeos cadastrados no *site* que contém questões e editá-los.

O *Edpuzzle* procura uma ampla gama de hospedagem de vídeos tanto presentes no site do *Edpuzzle* quanto em outros sites. Você será solicitado a procurar um vídeo para editar.

Digite seus termos de pesquisa e pressione Enter (ou Return) no teclado.

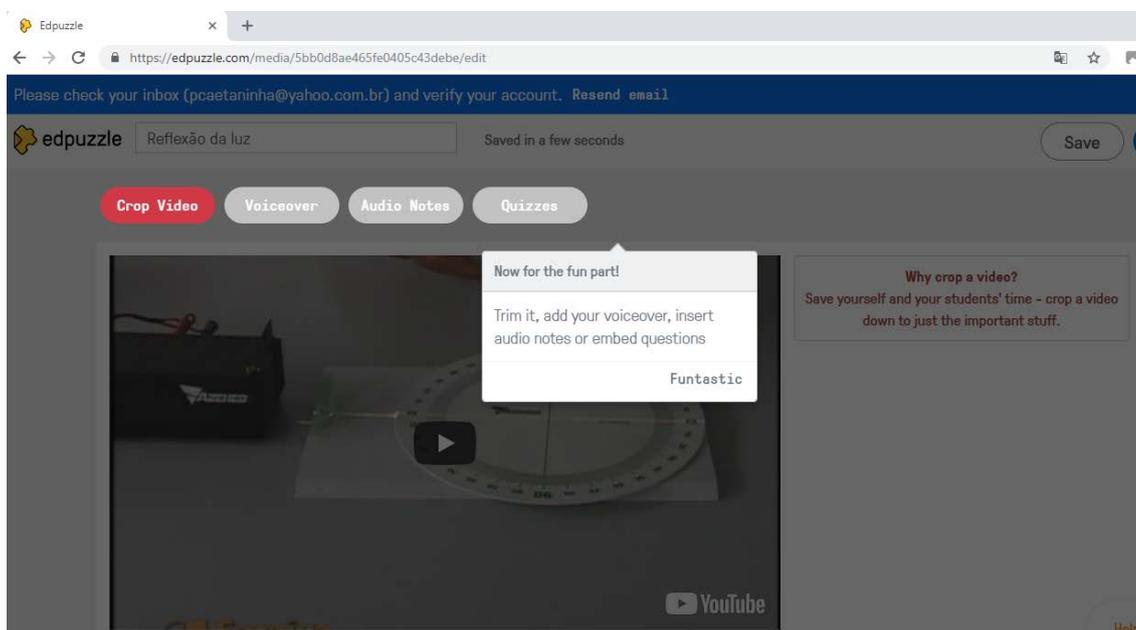
Figura 5: Escolha de vídeo- aula para edição.



Fonte: Autoria própria.

Dessa maneira, pode-se criar a sua primeira lição interativa.

Figura 6: Escolha de vídeo- aula para edição.



Fonte: autoria própria.

Função “Crop Video”:

O *Edpuzzle* permite que você utilize vídeos do *Youtube* e de outros lugares e os corte, selecionando o trecho desejado.

Clique nas *tags* vermelhas e deslize-as até o local que quiser para encurtar o vídeo, em seguida, toque na aba de sua escolha para inserir conteúdo no vídeo (áudio, notas, questões).

Função “Voiceover”:

Você pode clicar neste ícone para gravar sua própria voz em todo o segmento de vídeo.

Função “Audio Notes”:

Esta função é mais apropriada caso queira adicionar uma introdução com suas palavras em alguns trechos do vídeo como notas.

Função “Quizzles”:

Edpuzzle também permite que você insira perguntas do questionário nos vídeos. Digite uma questão na caixa de perguntas e clique em “Continue”.

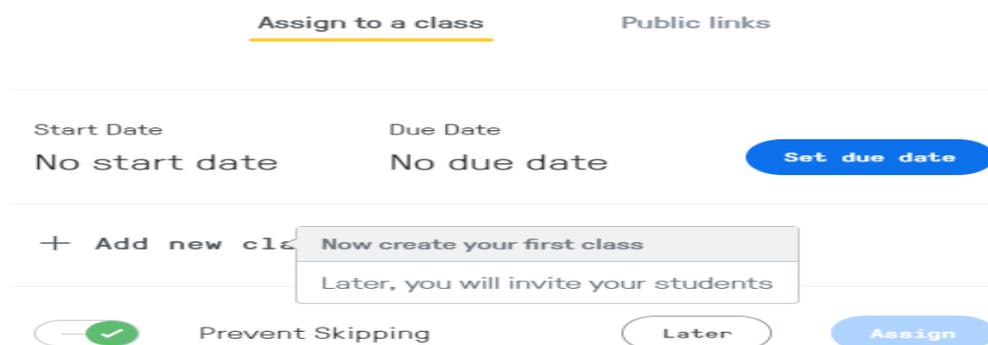
As questões podem ser objetivas (múltipla escolha e verdadeiro ou falso) e discursivas. Quando tiver terminado, clique no botão “Finish” no topo da página.

Obs.: Imagens e fórmulas podem ser inseridas nas questões criadas.

- 4º passo: inserir turma.

Ao finalizar a aula, aparecerá a janela “Assign to a class”. Esta janela servirá para você incorporar a aula em uma turma.

Figura 7: Incorporar a uma turma.



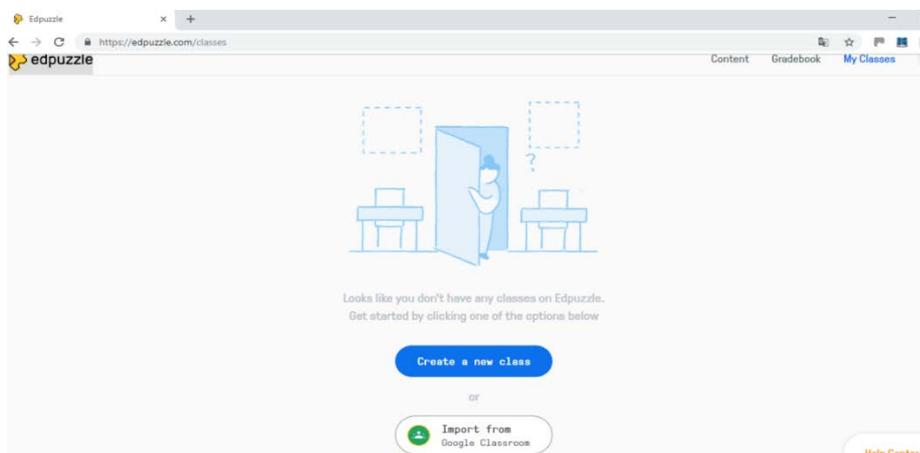
Fonte: Autoria própria.

Você poderá optar em criar a turma depois ao clicar em “Later” ou de forma imediata na página acima.

Caso opte pela última opção, clique em “+Add new class” e digite um nome para a turma, logo em seguida, clique em “Prevent Skipping” para evitar que o aluno pule as questões.

Para criar uma turma posteriormente, vá na aba “My classes” em azul no canto superior direito da página como demonstrado na Figura 8, clique em “Create a new class” ou importe a sua turma do aplicativo *Google Classroom*.

Figura 8: Criar uma nova turma

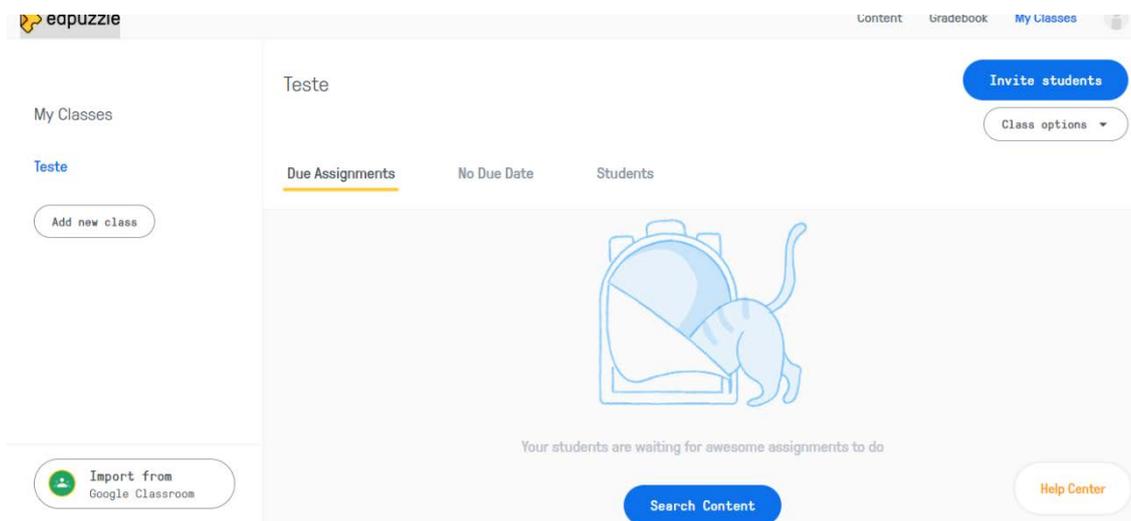


Fonte: Autoria própria.

Em seguida, insira o nome da turma e clique em “Add class”. Se quiser adicionar outras turmas, vá na opção “Add new class” (Figura 9) e repita o procedimento.

Para adicionar a lição à turma, clique em “Search Content” e na coluna esquerda.

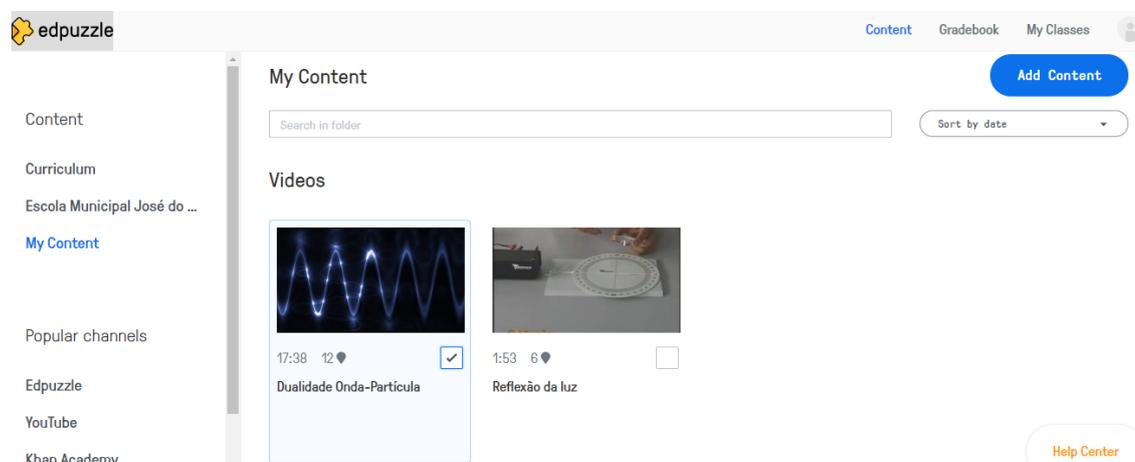
Figura 9: Adicionar lição à turma.



Fonte: Autoria própria.

Na tela seguinte, clique em “My content” caso já tenha realizado o 3º passo deste tutorial e busque o vídeo escolhido selecionando o quadrado abaixo do vídeo conforme a Figura 10. Se a resposta for negativa, crie o seu conteúdo lendo as instruções do passo 3.

Figura 10: Adição de conteúdo à turma.



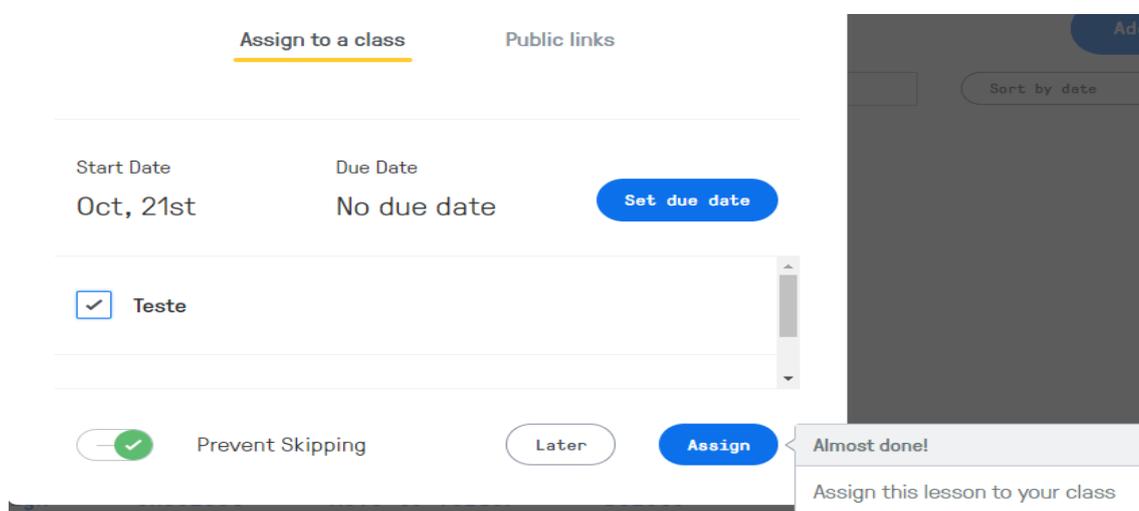
Fonte: Autoria própria.

- 5º passo: Compartilhar aula.

Assim que selecionar a caixa correspondente ao vídeo escolhido, clique em “Assign” (Atribuir).

Aparecerá uma janela em que você atribuirá o conteúdo à(s) turma(s) criadas e poderá optar em estabelecer um prazo para que os alunos realizem a atividade. Neste caso, clique em “Set due date”, ou seja, definir data de vencimento e escolha a data de sua preferência para o prazo máximo em que a atividade estará disponível para o aluno. Em seguida, clique em “Assign” para finalizar a atribuição.

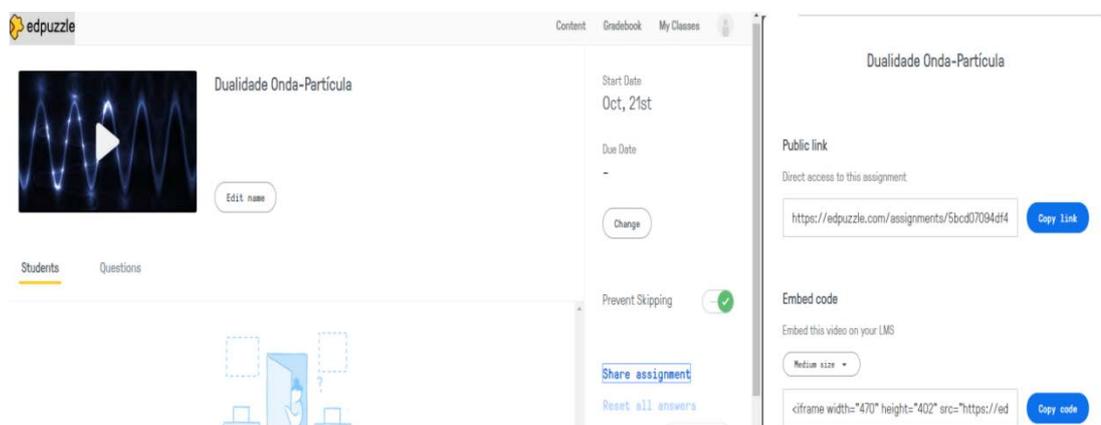
Figura 11: Finalizar a atribuição de atividade a uma turma.



Fonte: Autoria própria.

Para compartilhar o *link* do conteúdo criado para sua(s) turma(s), clique em “Share assignment” na parte inferior direita da tela e abrirá uma janela com o *link* gerado. Clique em “Copy link” e compartilhe com os alunos em mídias sociais.

Figura 12: Janelas de compartilhamento de *link*.



Fonte: Autoria própria.

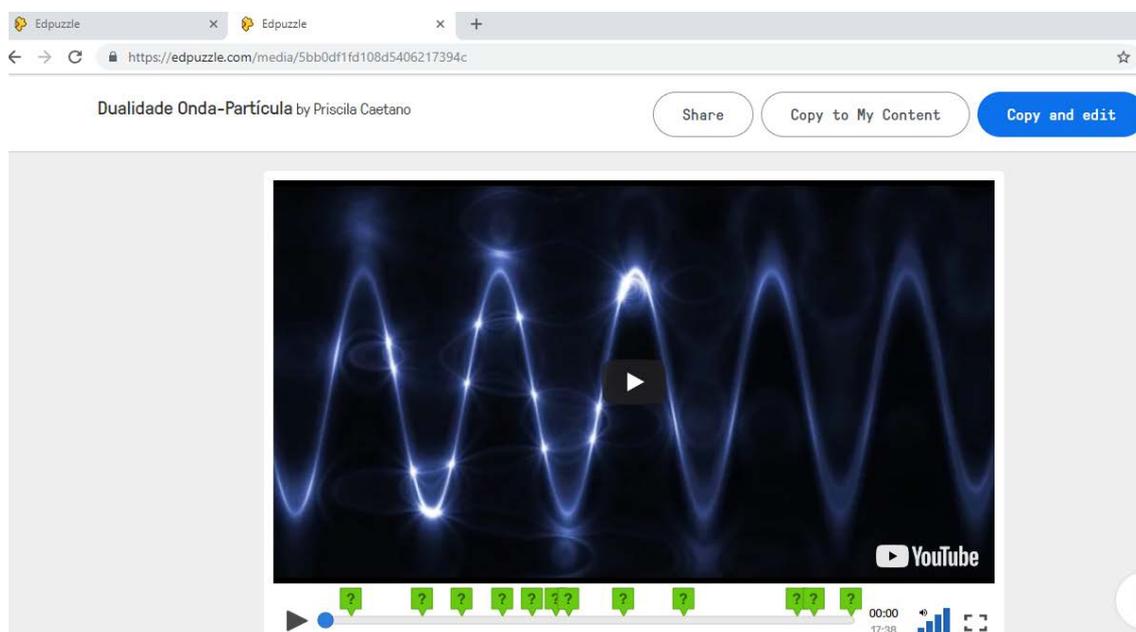
- 6º passo: criar questionário Dualidade Onda-Partícula.

Agora que você já se familiarizou com o aplicativo, vamos usá-lo para criar o nosso questionário interativo sobre a luz e visão!

De maneira a facilitar para o professor a criação dessa lição, está disponível abaixo o vídeo que contém as questões para ser copiado: <<https://edpuzzle.com/media/5bb0df1fd108d5406217394c>> .

Após acessar o *link* acima, escolha uma das opções: “Copy to My Content” ou “Copy and edit” para copiar a aula. A primeira opção refere-se a cópia do vídeo de forma integral, sem edições. Já a segunda, o usuário copia o arquivo e pode editá-lo.

Figura 13: Copiar vídeo existente no aplicativo com o questionário Dualidade Onda-Partícula.



Fonte: Autoria própria.

Clicando em “Copy and edit” e, logo em seguida, em “Finish”, aparecerá a opção de atribuir o vídeo a uma turma (vale ressaltar que a mesma atividade poderá ser atribuída a mais turmas).

Neste momento, o professor tem a opção de escolher a data de início e a data final que a atividade estará disponível no site para os alunos.

Após o término do prazo, os alunos não terão acesso a esta avaliação. Contudo, o professor poderá alterar o período novamente para a realização da tarefa escolar.

Apêndice II

TUTORIAL *PLICKERS*

O QUE É *PLICKERS*?

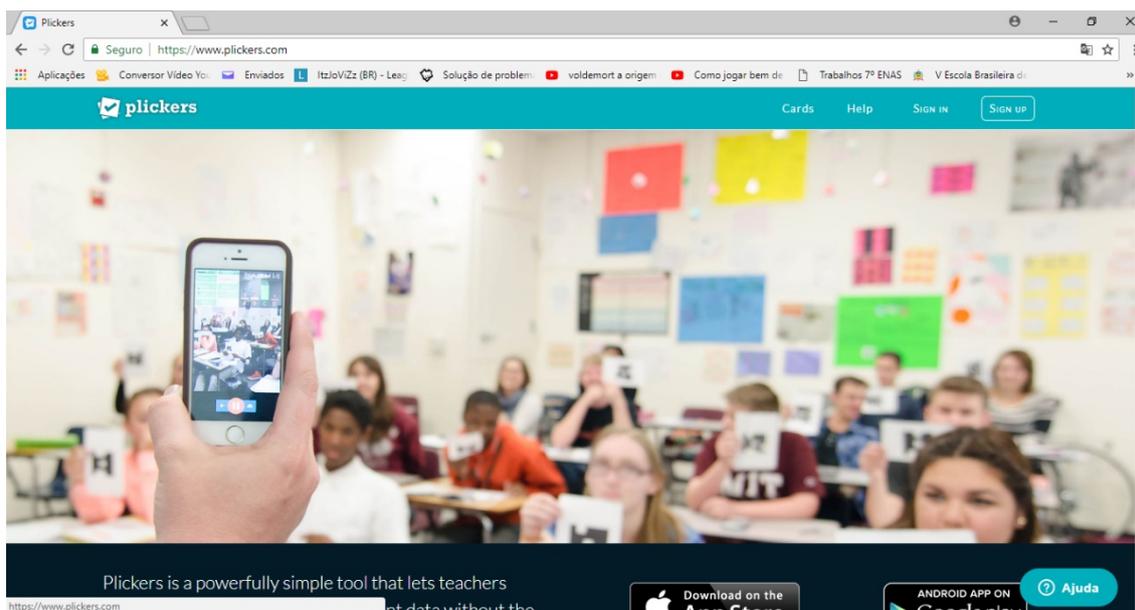
É um aplicativo móvel que permite ao professor elaborar questionários de múltipla escolha ou verdadeiro ou falso de forma interativa, possibilitando a visualização rápida das respostas individuais fornecidas pelos alunos por intermédio de cartões individuais.

Em outras palavras, o *Plickers* pode ser uma ferramenta útil no processo avaliativo tornando-o mais dinâmico, além de facilitar a correção pelo professor, pois esta é imediata o que favorece a retomada de conteúdo pelo docente.

Ele pode ser acessado por meio do endereço eletrônico

<<https://www.plickers.com/>>.

Figura 14: Layout do site do aplicativo *Plickers*.



Fonte: <<https://www.plickers.com/>>

COMO ACESSAR?

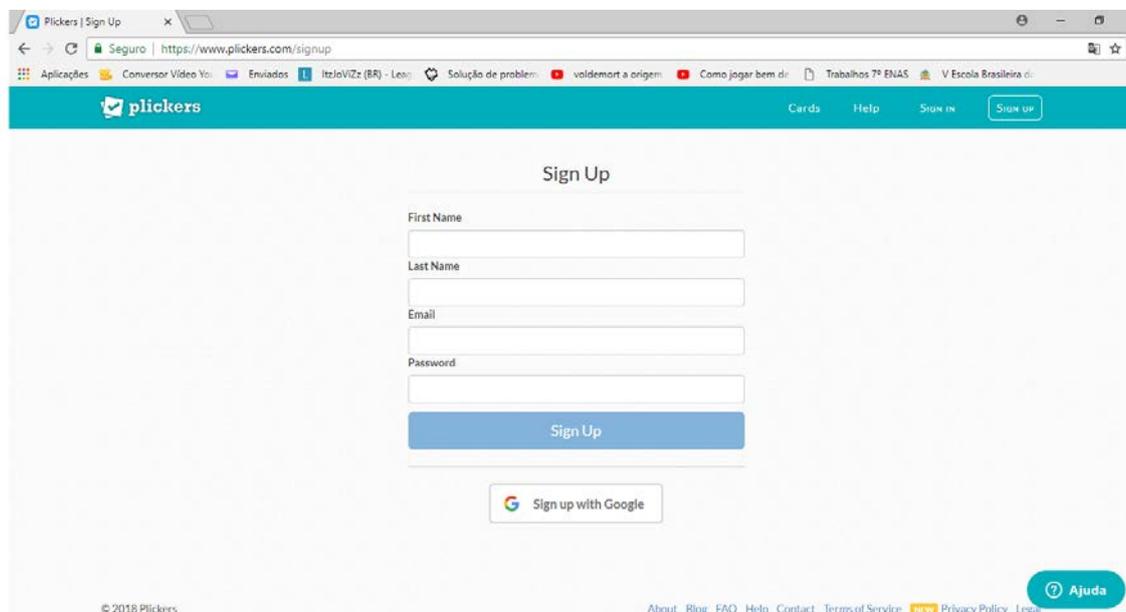
- **1º passo:** acesse o endereço eletrônico do *Plickers*.
<<https://www.plickers.com/>>
- **2º passo:** clique no canto superior direito em *SIGN UP*.
- **3º passo:** preencha os campos em branco na seguinte ordem:
 - Nome;
 - Sobrenome;

→ E-mail;

→ Senha.

Obs.: se você já possui uma conta Google, seu acesso é facilitado!

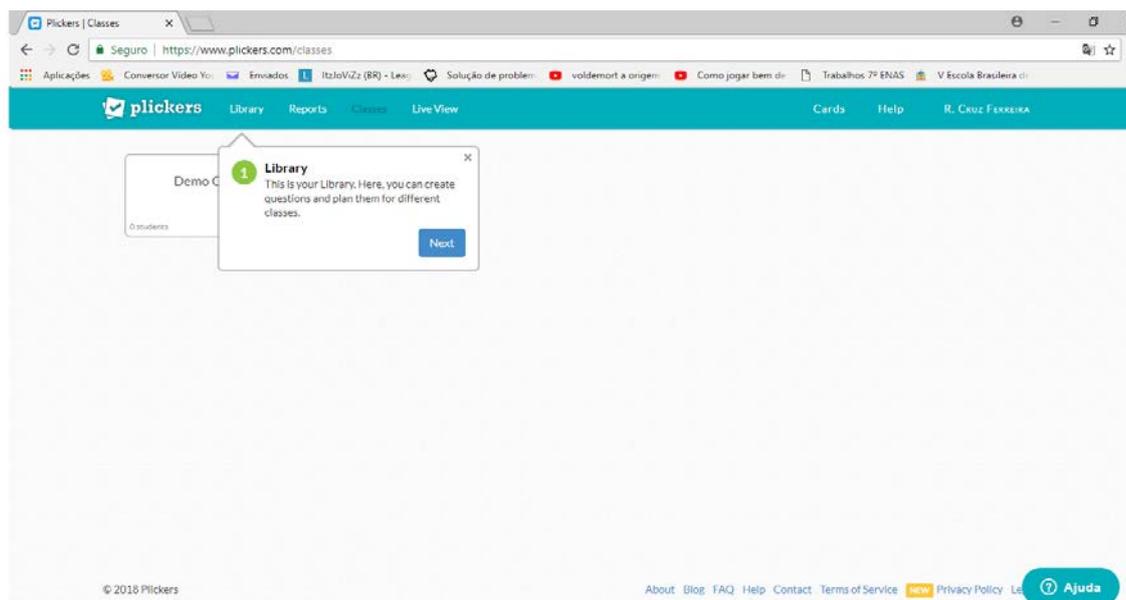
Figura 15: Tela Sign in do aplicativo.



Fonte: plickers.com

- **4º passo:** após efetuar seu *login*, acompanhe a apresentação de cada setor.

Figura 16: Tela Library do aplicativo.



Fonte: plickers.com

1) Biblioteca

Esta é sua biblioteca. Aqui, você pode criar questões e planejá-las para diferentes turmas.

2) Relatório

Visualize seus resultados completos em Relatórios.

3) Turmas

Crie e gerencie suas turmas aqui.

4) Visualização ao Vivo

Exibe perguntas e resultados em tempo real para alunos com o *Live View*.

5) Cartões

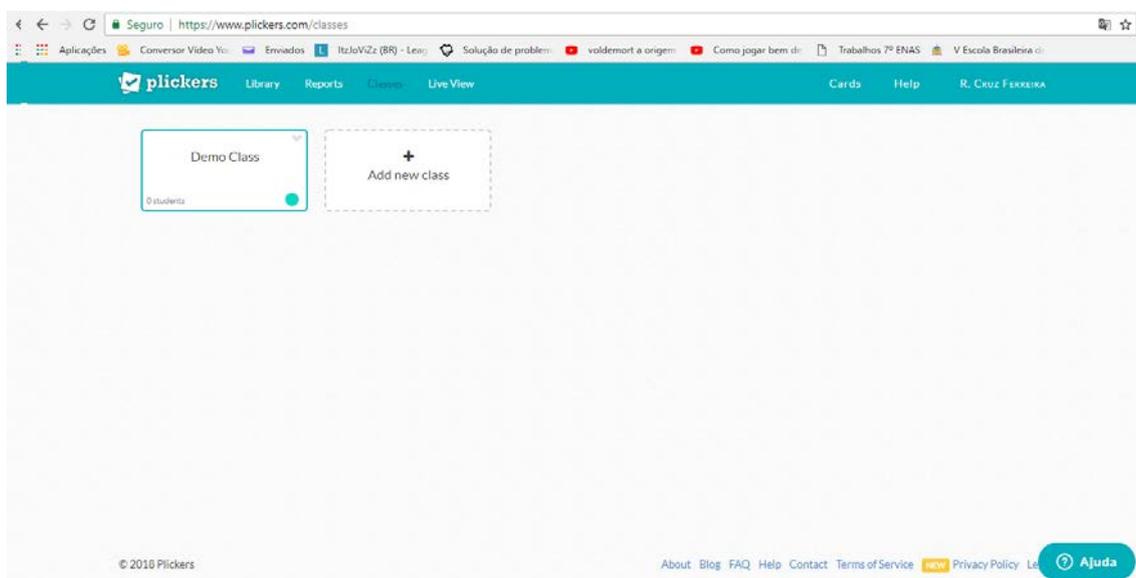
Visualize opções de cartão para impressão.

6) Ajuda

Encontre mais informações sobre como começar aqui!

- **5º passo:** vá em frente e crie sua turma utilizando a opção *Demo Class* na aba *Classes*!

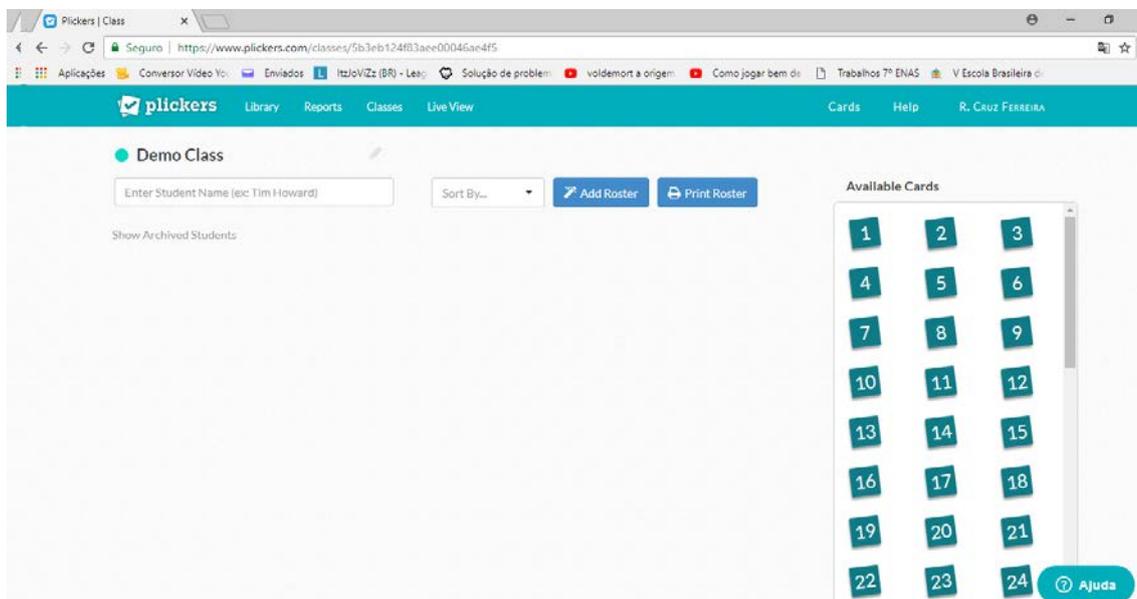
Figura 17: Tela *Classes* do aplicativo.



Fonte: plickers.com

- **6º passo:** crie sua(s) turma(s)!
Após clicar em *Demo Class*, insira o nome do aluno no espaço *Enter Student Name*.

Figura 18: Tela *Demo Class* do aplicativo.



Fonte: plickers.com

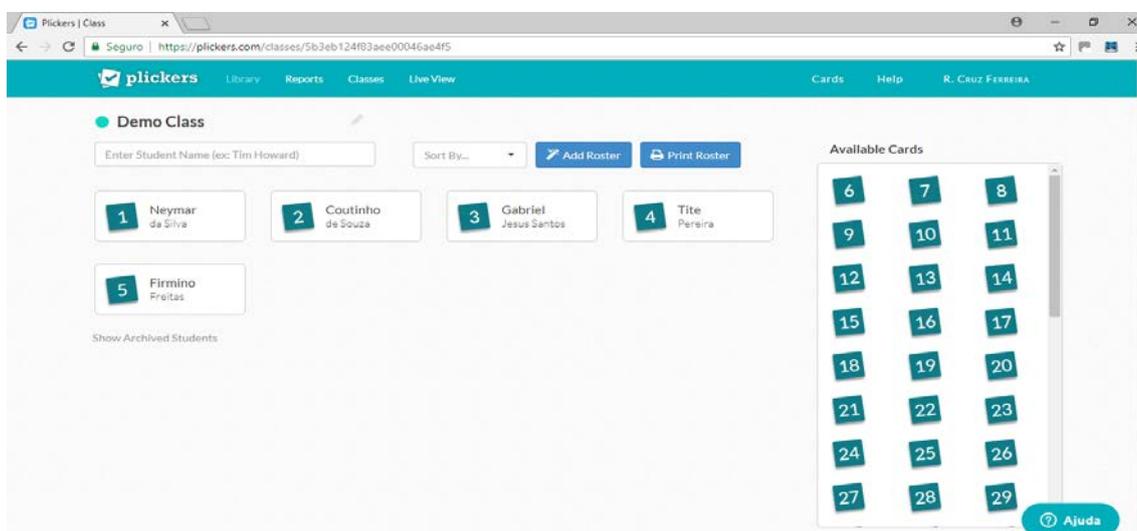
Você também pode usar a opção *ADD ROSTER* (Adicionar lista) para criar uma turma, adicionando todos os nomes dos alunos de uma vez.

Após digitar o nome dos alunos, clique na opção *SAVE* (Salvar).

Obs.: para cada aluno é atribuído um número que será útil mais à frente no que se refere ao seu cartão individual.

- **7º passo:** é hora de criar suas questões! Para isso, clique na opção *Library*.

Figura 19: Inserção dos alunos na turma escolhida.



Fonte: plickers.com

Você pode utilizar a opção *NEW QUESTION (Nova Questão)* para criar uma questão. No entanto, é aconselhável que se crie uma pasta (na opção *NEW FOLDER – Nova Pasta*), a fim de armazenar as questões por tema em comum.

Insira o nome da pasta no local selecionado, clicando, posteriormente, na opção *SAVE (Salvar)*.

Agora, selecione a pasta criada para adicionar as questões.

Com a pasta acessada, é possível adicionar novas questões, utilizando a opção *NEW QUESTION (Nova Questão)*.

Digite sua pergunta na caixa de texto fornecida. Além da questão, você pode incluir imagens nas suas perguntas selecionando a opção *ADD IMAGE – Adicionar imagem* – no canto inferior direito da caixa de texto.

Após digitar sua pergunta, selecione a opção *MULTIPLE CHOICE (Múltipla Escolha)* ou *TRUE/FALSE (Verdadeiro/Falso)* e coloque as opções de resposta nas caixas de texto inferiores.

Indique a alternativa correta, selecionando uma das caixas na opção *CORRECT (Correta)* e clique em *SAVE (Salvar)* para finalizar ou em *SAVE AND CREATE NEW (Salvar e Criar Novo)* para inserir uma nova questão.

Utilize a caixa de texto para digitar uma nova questão de verdadeiro ou falso, selecionando novamente a resposta correta e finalizando em *SAVE (Salvar)*.

Agora, escolha a turma para a qual será disponibilizada a questão, clicando na opção *ADD TO QUEUE*. Realize o mesmo procedimento para a questão seguinte.

Abaixo, estão dispostas as questões que foram utilizadas no aplicativo *Plickers* e que fazem parte da intervenção didática Luz e visão.

Questionário Interativo Plickers- Luz e Visão

- 1- Diante de tantos "personagens" no processo da visão, qual seria o protagonista desse evento?
- a) O olho
 - b) A luz
 - c) O cérebro
 - d) O objeto
- 2- Por que a vitamina A é fundamental para o sentido da visão?
- a) Porque o derivado dela serve como reserva de energia, que será usada para transformar a molécula cis em trans.
 - b) Porque ela proporciona energia às células fotossensíveis.
 - c) Porque a molécula de rodopsina é composta por um derivado da vitamina A e é essa molécula que é responsável pela transformação dos impulsos luminosos em elétricos.
 - d) Porque quando ela é quebrada, libera energia, sendo conduzida pelo nervo ótico ao cérebro.
- 3- No experimento com o laser e o fio de cabelo, foi possível observar com nitidez dois fenômenos característicos de ondas. São eles:
- a) Difração e interferência
 - b) Interferência e refração
 - c) Reflexão e difração
 - d) nenhuma das anteriores
- 4- Os bastonetes são células fotorreceptoras que estão presentes em maior número em nossa retina e são responsáveis pela visão em cores.
- a) Verdadeiro
 - b) Falso
- 5- No século XVII, duas teorias sobre a natureza da luz ganharam dois importantes adeptos. Quais são elas?
- a) Da Vinci: ondas e Newton: corpúsculos
 - b) Huygens: ondas eletromagnéticas e Newton: corpúsculos
 - c) Aristóteles: partícula e Da Vinci: ondas
 - d) Huygens: ondas e Newton: partícula

6- Os cones são células fotossensíveis à luz nas cores primárias, responsáveis por uma visão melhor diurna.

- a) Verdadeiro
- b) Falso

7- A dualidade onda-partícula da luz pode ser explicada como:

- a) A luz pode ser onda ou pode ser partícula.
- b) A luz tem característica de onda mecânica e de partícula ao mesmo tempo.
- c) A luz é onda e partícula. Depende do observador.
- d) A luz é onda e partícula. Depende da intensidade luminosa e se a luz é monocromática, como o laser.

8- Fótons são pacotes de luz.

- a) Verdadeiro
- b) Falso

9- O efeito fotoelétrico tem várias aplicações em nosso dia a dia, um exemplo é:

- a) a lâmpada fluorescente.
- b) porta automática do shopping.
- c) o laser.
- d) os carros modernos de injeção eletrônica.

10- Por que nossos olhos não detectam a maior parte do espectro eletromagnético?

- a) Porque todos esses fótons são absorvidos antes de chegar à retina.
- b) Porque os fótons absorvidos possuem energia inferior a limite.
- c) Porque os fótons com energia superior não iniciam uma reação fotoquímica.
- d) Porque esses fótons não possuem energia suficiente para gerar uma reação fotoquímica ou são absorvidos antes de chegar à retina.

11- Em relação à função de algumas estruturas do olho, qual das alternativas abaixo está correta?

- a) retina- formação da imagem.
- b) esclera- responsável pela cor dos olhos.
- c) pupila- estrutura responsável pela transformação de luz em impulsos elétricos.

d) íris- controle da luminosidade.

12- Na visão, quando a luz atravessa nossas lentes, ela sofre diversas refrações até chegar à retina.

- a) Verdadeiro
- b) Falso

13- Em 2015, uma fotografia compartilhada na rede social twitter trouxe muitas dúvidas a quem a observasse. A foto de um vestido trazia a seguinte questão quanto a suas cores: "azul e preto" ou "branco com dourado"? Essa confusão pode ser explicada por:



- a) daltonismo.
- b) interpretação pessoal
- c) falta de objetividade
- d) ilusão de ótica

14- Sobre o daltonismo, é correto afirmar:

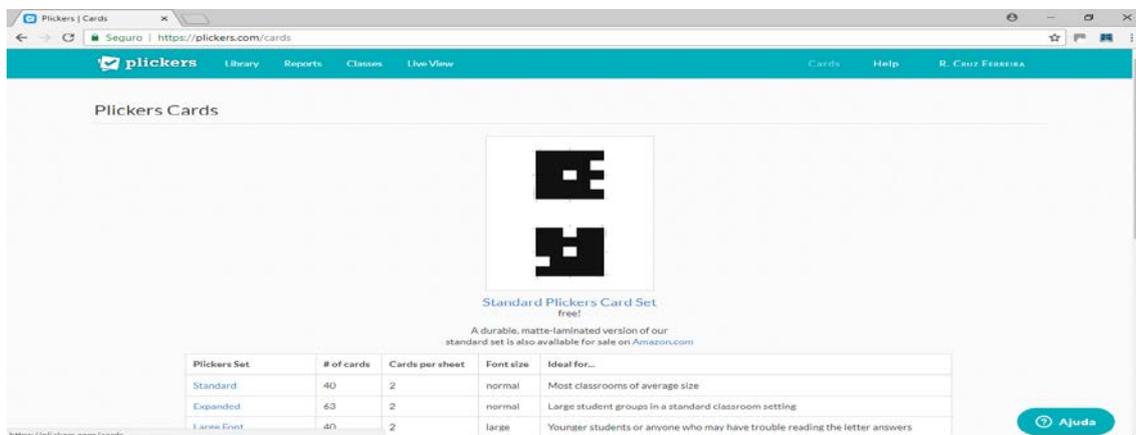
- a) O Daltonismo está geneticamente ligado ao cromossoma X, ocorrendo mais frequentemente entre as mulheres.
- b) O Daltonismo é uma perturbação da percepção visual caracterizada pela incapacidade de diferenciar todas ou algumas cores.
- c) O daltonismo foi estudado primeiramente pelo químico Jonas Dalton, portador dessa doença.
- d) O teste de Ishihara é um dos testes menos eficaz para detectar a cegueira das cores.

15- Todos os animais enxergam da mesma maneira, ou seja, na mesma faixa do espectro eletromagnético.

- a) Verdadeiro
- b) Falso

- **8º passo:** impressão dos cartões individuais.

Figura 20: Cartões individuais disponíveis no Plickers.



Fonte: plickers.com

Para imprimir os cartões individuais, selecione a aba *CARDS* (*Cartões*) no canto superior direito da página do *Plickers*, escolhendo devidamente o conjunto de cartões que melhor se adeque a sua classe por meio da opção *PLICKERS SET*.

O site oferece o conjunto de cartões abaixo:

- Conjunto de cartões *STANDARD* → ideal para salas de aula de tamanho médio.
- Conjunto de cartões *EXPANDED* → ideal para grandes grupos de alunos em um ambiente de sala de aula padrão.
- Conjunto de cartões *LARGE FONT* → ideal para indivíduos que tenham dificuldades em ler as respostas da carta.
- Conjunto de cartões *LARGE CARDS* → ideal para salas de aula ou auditórios amplos (Nota: cartões maiores podem bloquear os cartões de outros alunos).
- Conjunto de cartões *LARGE CARDS EXPANDED* → ideal para grandes grupos de estudantes em salas de aula amplas (Nota: cartões maiores podem bloquear os cartões de outros alunos).

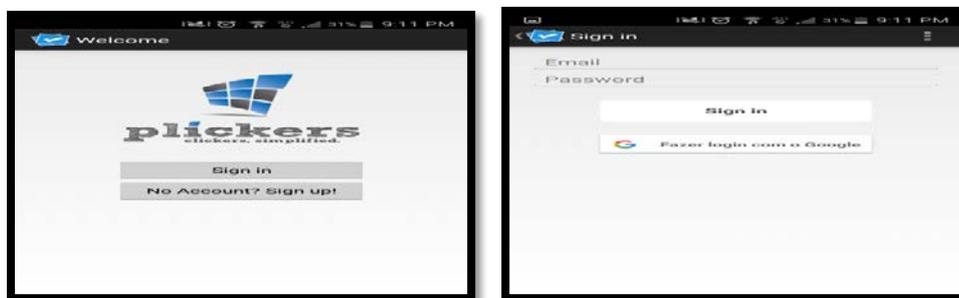
O aplicativo permite o cadastro de turmas que possuam um limite de até sessenta e três estudantes.

Vale destacar que, cada cartão tem um número exclusivo que será atribuído individualmente ao aluno correspondente.

- **9º passo:** projeção das questões no *Live View*.

A opção *LIVE VIEW (EXIBIÇÃO AO VIVO)*, sugere que seja selecionada uma pergunta no aplicativo *Plickers* iOS/Android para projetar na sua turma. Para isso, é preciso que o *Plickers* já esteja instalado em seu dispositivo móvel.

Figura 21: Tela do *Plickers* no dispositivo móvel.



Fonte: Autoria própria.

Ao abrir o aplicativo em seu celular, aparecerá a opção *SIGN IN (Entrar)* para você efetuar seu login.

Usando o aplicativo móvel, selecione a turma para qual irá realizar uma pergunta (no nosso caso, a *DEMO CLASS*) e, posteriormente, escolha a questão que você deseja usar. Neste momento, a questão será imediatamente projetada no *Live View*.

Agora, você pode observar sua pergunta selecionada tanto na tela do celular quanto na do computador.

Antes de realizar a leitura dos cartões individuais, certifique-se de esconder as respostas dos alunos na opção *HIDE PAINEL (Esconder Painel)*.

O *Live View* também permite que os professores compartilhem os resultados em tempo real com a turma. Enquanto é realizada a leitura das respostas, a aba *Live View* no site é atualizada mostrando quais alunos responderam. Ao clicar na opção *REVIEW ANSWER (Revelar Resposta)* é possível visualizar as respostas dadas pelos alunos, bem como os resultados em forma de gráfico.