

# lentes

Ótica Aplicada  
para  
Fotografia Digital

Universidade do Minho – 2019-2020

Há uma grande variedade de lentes



## Há uma grande variedade de lentes



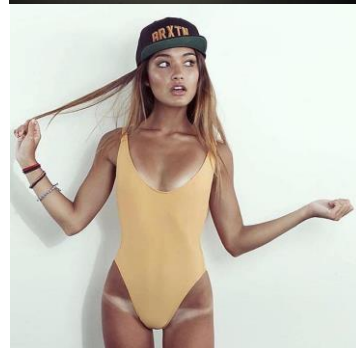
© 2019 Vicente Fonseca

3

## Imagem → sensor

- Supondo o sensor uma superfície (plana) sensível à luz, basta incidir quantidades / qualidades diferentes de luz em zonas diferentes para formar uma silhueta
- Uma forma fácil consiste em projetar uma sombra com o auxílio de uma fonte de luz pontual e um objeto opaco
- O corpo humano é um sensor de reação lenta que funciona com luz UV...

*Sugestão: Google “projected shadows”*



<https://codiiieee.wordpress.com/2013/03/28/post-6-diet-wigman-value-and-variety/>  
<https://www.pinterest.com/pin/373165519107841423/>

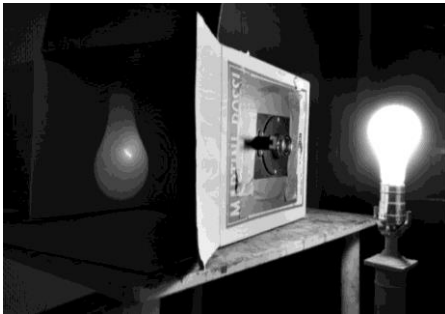
© 2019 Vicente Fonseca

4

## Máquina de sombra: pinhole

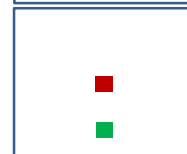
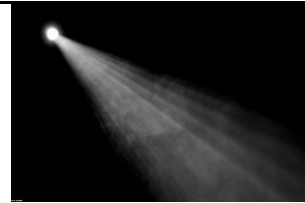
- Aproveitando a propagação da luz em linha reta, pode-se construir uma câmara pinhole que projeta uma sombra

*Nota: o pinhole não cria uma imagem, apenas projeta uma sombra!*



<https://placefacecyberspace.net/2013/03/29/camera-obscura-work/>

© 2019 Vicente Fonseca

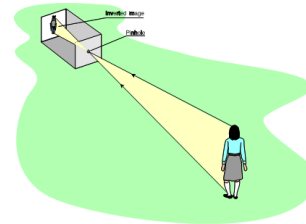


5

## Máquina de sombra: pinhole

- O uso do pinhole tem duas vantagens relativamente ao uso de uma fonte de luz pontual:
  - Em vez de criar apenas silhuetas, permite representar a superfície frontal dos objetos, incluindo cor. Isto acontece porque no pinhole aproveitamos toda a superfície dos objetos como se de fontes de luz pontual se tratasse
  - Permite usar um sensor de pequenas dimensões mesmo quando se fotografa objetos grandes
- Embora o pinhole seja conhecido e explorado desde a antiguidade, continua na moda. Há quem tente fazer negócio vendendo pinholes de diversos diâmetros para câmaras digitais correntes:

<https://www.kickstarter.com/projects/bozzou/pinhole-pro-professional-pinhole-lens-for-dslr-and>



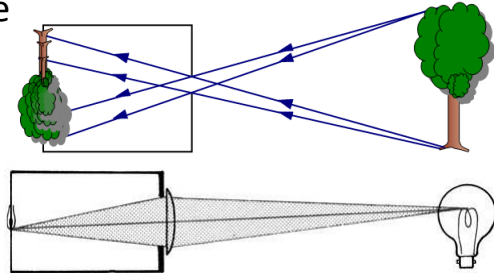
<https://www.flickr.com/photos/hartman045/4445819542>

© 2019 Vicente Fonseca

6

## Diferenças entre lentes e pinholes

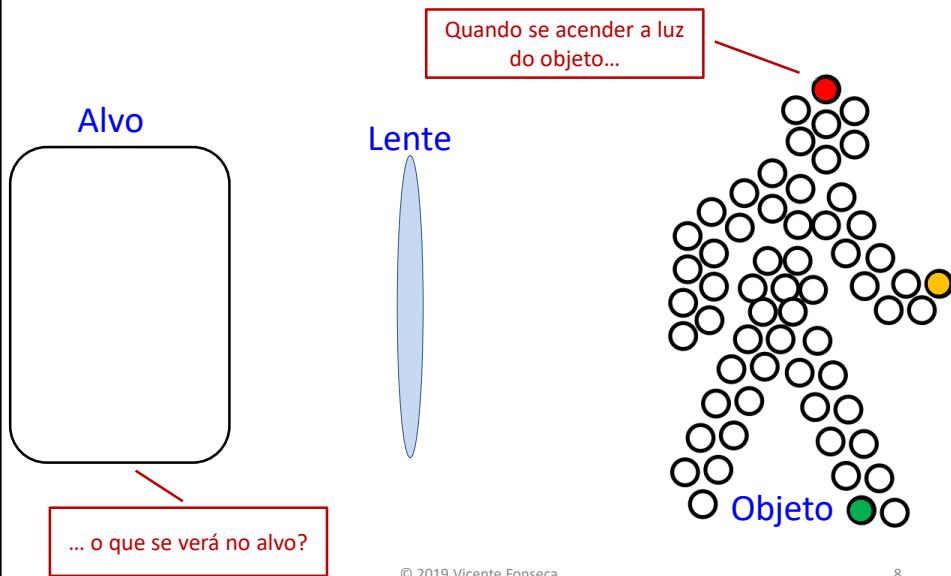
- O pinhole não cria uma imagem. A luz passa por ele sempre a divergir de pontos do objeto original
- A lente, por sua vez, desvia os raios de luz que se cruzarão uma segunda vez, no local onde se forma a imagem



© 2019 Vicente Fonseca

7

## O que faz uma lente?



© 2019 Vicente Fonseca

8

## O que se verá no alvo se...

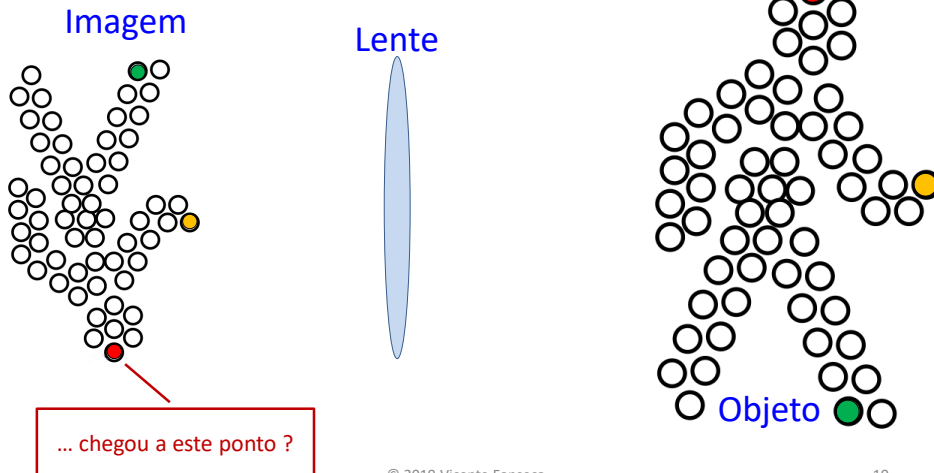
- Quando acender a luz, o que se verá no alvo ou não se verá nada? Se se vir o boneco, este está direito, invertido, com a mão direita trocada pela esquerda ou não?
- Em relação ao objeto, a imagem tem a mão direita trocada com a mão esquerda?
- A luz entre o objeto e a imagem é visível? Se não é, há alguma forma de a tornar visível?
- Se movermos a lente para a frente ou para trás, de que forma se altera a imagem?
- O que se vê se retirarmos completamente a lente?

© 2019 Vicente Fonseca

9

## Como funciona uma lente?

Desenha o teu modelo de funcionamento da lente 😊



© 2019 Vicente Fonseca

10

## O que prevê o teu modelo se...

*Nota: Se as previsões do modelo estiverem corretas, então é possível que o modelo esteja certo. Mas se as previsões estiverem erradas, então o modelo está errado.*

- O que se verá no alvo se taparmos a parte de cima da lente? Que diferença faz se taparmos a lente pela parte da frente ou pela parte de trás? E se taparmos a parte da direita em vez da parte de cima, o que se verá no alvo?

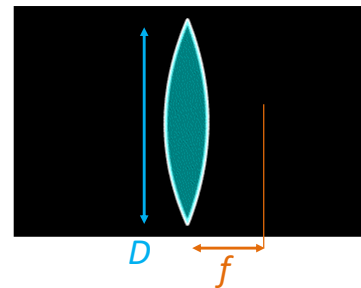
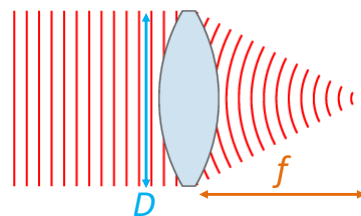
*Nota: se o modelo não prevê o que se vê no ecrã, poderá ser corrigido de forma a prever? Como?*

© 2019 Vicente Fonseca

11

## Parâmetros das lentes

- A distância focal de uma lente caracteriza a sua capacidade em desviar a luz: quanto menor a distância focal, tanto maior é a sua capacidade em desviar a luz ( $f$ )
- A abertura é o diâmetro da pupila de entrada (do orifício por onde entra a luz e que se vê quando se olha do lado do objeto) ( $D = f / N$ )



© 2019 Vicente Fonseca

12

## Objetiva fotográfica: valores nominais

- O valor nominal da distância focal é o valor da distância focal da lente quando foca um objeto no infinito. É habitual a distância focal diminuir ao focarmos mais próximo
- O valor nominal da abertura, expresso em f-número (  $N$  ), é o máximo valor da abertura, ou seja o mínimo valor do f-número
- Lentes com maiores aberturas (mais precisamente menores f-números) podem captar a mesma luz em menos tempo. Por isso, à abertura nominal da lente chama-se “velocidade” da lente. Lentes rápidas são mais caras mas apreciadas para fotografar objetos em movimento e/ou pouco iluminados (exemplo: desporto)

© 2019 Vicente Fonseca

13

## Tamanho das objetivas: distância focal



<https://www.43rumors.com/the-new-25mm-f1.8-lens-size-comparison-courtesy-abdullah/>

- As lentes são tipicamente maiores (mais compridas) para distâncias focais maiores
- Contudo, para distâncias focais muito pequenas o tamanho das lentes tende a aumentar

© 2019 Vicente Fonseca

14

## Tamanho das objetivas: distância focal



<https://nikonrumors.com/2015/10/03/nikon-af-vs-fuji-xf-lenses-size-comparison.aspx/>

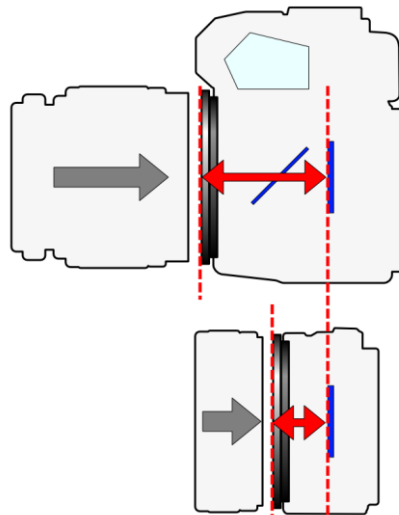
- As lentes a laranja são para DSLR (distância da lente ao sensor longa por causa do espelho) e o tamanho mínimo verifica-se para  $f \approx 50$  mm
- As lentes a amarelo são para mirrorless (distância da lente ao sensor pequena) e para  $f \approx 35$  mm ainda não se atingiu o mínimo tamanho

© 2019 Vicente Fonseca

15

## Flange distance

- Em geral, máquinas fotográficas DSLR, com visor ótico que implica introduzir um espelho para desviar a luz do sensor para o visor, têm uma maior distância do sensor à lente (*flange distance*)



[https://en.wikipedia.org/wiki/Flange\\_focal\\_distance](https://en.wikipedia.org/wiki/Flange_focal_distance)

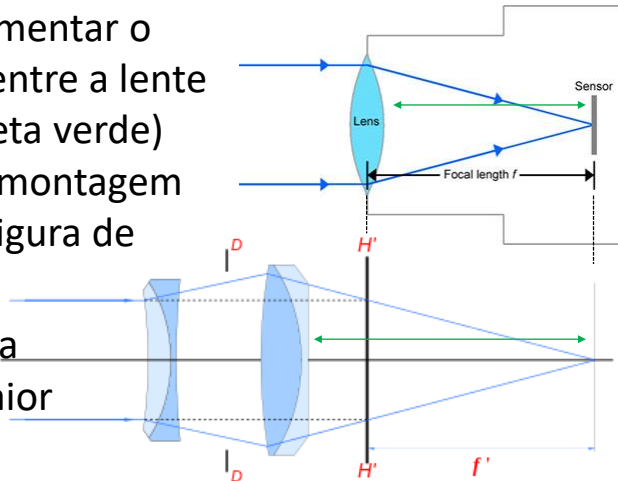
© 2019 Vicente Fonseca

16



## Lentes retro focus

- É possível aumentar o espaço livre entre a lente e o sensor (seta verde) usando uma montagem retro focus (figura de baixo)
- O tamanho da objetiva é maior

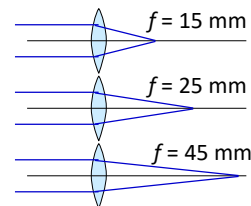


© 2019 Vicente Fonseca

17

## Necessidade de lentes retro focus

- O ângulo com que os raios chegam ao sensor é maior para menores distâncias focais, mas a distância da lente simples ao sensor também diminui...
- Se a *flange* for grande, é necessária uma lente retrofocus...



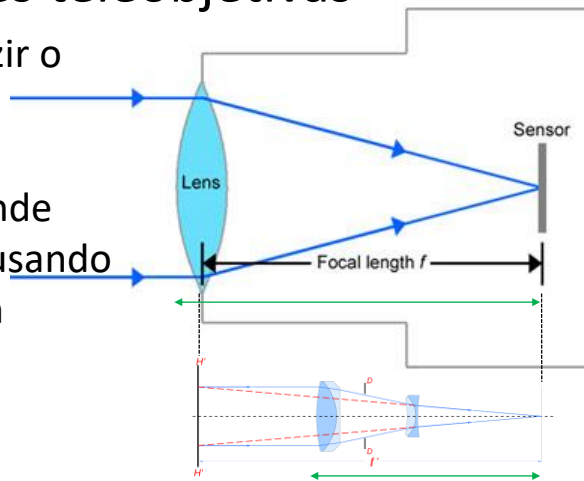
Camera Mount	Sensor Size	Flange Focal Distance
Pentax Q	Sub APS-C	9.2 mm
Nikon 1	Sub APS-C	17 mm
Fujifilm X	APS-C	17.7 mm
Sony FE	Full Frame	18 mm
Canon EF-M	APS-C	18 mm
Micro 4/3rds	Micro 4/3rds	19.25 mm
Samsung NX	APS-C	25.5 mm
Leica M	Full Frame/APS-C	27.8 mm
Canon EF	Full Frame/APS-C	44 mm
Pentax K	Full Frame/APS-C	45.46 mm
Nikon F	Full Frame/APS-C	46.5 mm

© 2019 Vicente Fonseca

18

## Lentes teleobjetivas

- É possível reduzir o tamanho (setas verdes) de uma objetiva de grande distância focal usando uma montagem teleobjetiva



© 2019 Vicente Fonseca

19

## Conveniência de lentes teleobjetivas

- Para lentes de grande distância focal, o desenho da teleobjetiva permite construir lentes mais curtas.
- Por exemplo, uma lente de 800 mm não precisa de medir 80 cm de comprimento. As lentes da Nikon e da Canon medem cerca de 46 cm 😊



<https://www.nikonusa.com/en/nikon-products/product/camera-lenses/af-s-nikkor-800mm-f/5.6e-ed-ed-vr.html>

<https://www.usa.canon.com/internet/portal/us/home/products/details/lenses/ef/super-telephoto/ef-800mm-f-5.6l-is-usm>

© 2019 Vicente Fonseca

20

## Tamanho das objetivas: abertura



- As lentes têm todas a mesma distância focal e são para as mesmas máquinas fotográficas
- Quanto maior a abertura (menor f-número) maior a lente (devido à necessidade de controlar as aberrações e devido a serem lentes mais caras e incluírem mais funcionalidades)
- O preço cresce ainda mais depressa ☹

© 2019 Vicente Fonseca

21

## Tamanho das objetivas: outros fatores

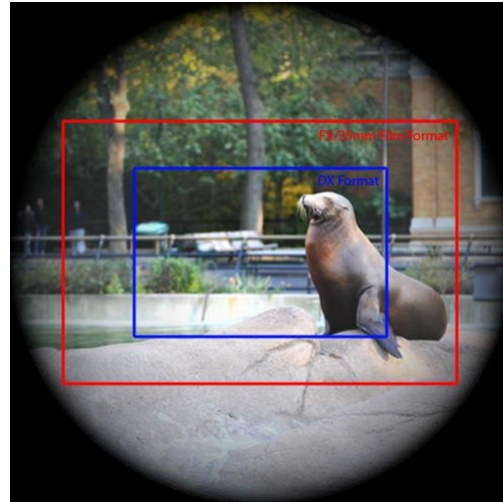
- Vários outros fatores afetam o tamanho das lentes:
  - Zooms tendem a ser maiores que as lentes fixas
  - Estabilizadores óticos tendem a aumentar o tamanho das lentes
  - Melhor correção das aberrações tende a aumentar o tamanho das lentes
  - Robustez, resistência à entrada de água e pó, tende a aumentar o tamanho das lentes
  - Lentes com maior círculo de imagem tendem a ser maiores

© 2019 Vicente Fonseca

22

## Círculo de imagem projetada

- As lentes projetam uma imagem circular. Fora do círculo não chega luz
- A transição não é abrupta e é responsável por os cantos e bordos das fotos ficarem mais escuros que o centro da foto. A esse efeito chama-se vinheta



© 2019 Vicente Fonseca

23

## Sites

- Modelo geométrico mais detalhado de uma objetiva:  
<http://www.panohelp.com/thinlensformula.html>
- Resumo de aberrações óticas das lentes:  
<http://www.handprint.com/ASTRO/ae4.html>
- Os vídeos "Geometric Optics Video Channel" são interessantes:  
<http://www.opticsrealm.com/home>
- Resumo de lentes da Zeiss:  
<http://ilovehatephoto.com/2014/12/30/a-guide-to-optical-lens-design-and-zeiss-nomenclature/>
- Bill Claff Photons to photos Optical bench:  
<http://www.photonstophotos.net/GeneralTopics/Lenses/OpticalBench/OpticalBench.htm>

© 2019 Vicente Fonseca

24

## História: Rapid-Rectilinear (1866)

- Simetria elimina/reduz: curvatura de campo, astigmatismo, distorção, aberração cromática lateral
  - [https://en.wikipedia.org/wiki/Rapid\\_Rectilinear](https://en.wikipedia.org/wiki/Rapid_Rectilinear)
- Os dubletos corrigem a aberração cromática longitudinal
- Não corrige a aberração esférica pelo que só é útil com aberturas pequenas

## História: Cooke Triplet (1893)

- Acrescenta uma lente extra para permitir corrigir a aberração esférica, etc.
  - [https://en.wikipedia.org/wiki/Cooke\\_triplet](https://en.wikipedia.org/wiki/Cooke_triplet)
- Esta lente não é simétrica o que introduz outras aberrações, nomeadamente astigmatismo
- Em compensação permite o uso de aberturas maiores (lente rápida).

## História: Double Gauss

- Repondo uma certa simetria e com mais elementos para corrigir as diversas aberrações
  - [https://en.wikipedia.org/wiki/Double-Gauss\\_lens](https://en.wikipedia.org/wiki/Double-Gauss_lens)
  - Esta lente permite aberturas muito grandes (muito rápida)
  - É o esqueleto base de muitas lentes recentes