

1. Imagens digitais

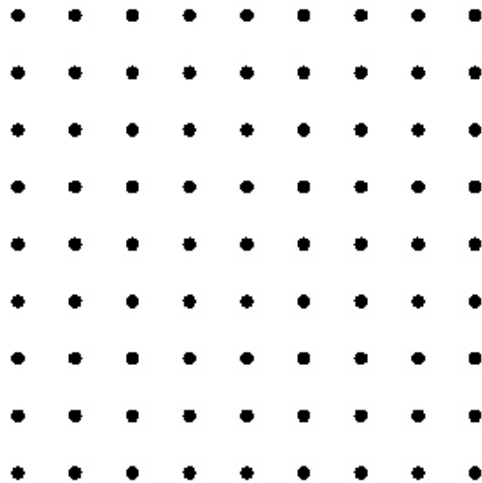
Malha digital. Conectividade e vizinhança. Resolução.

Malha digital: É o suporte no qual as imagens digitais são representadas e através do qual se estabelecem as conexões entre pontos vizinhos.

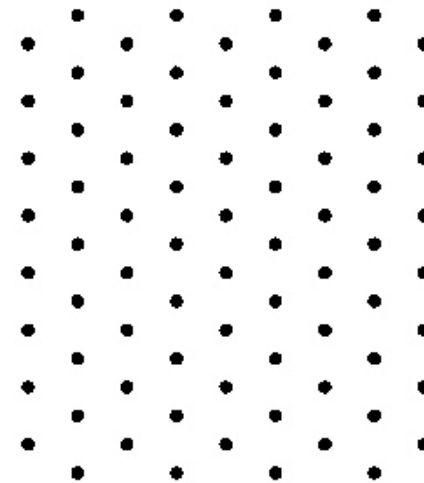
Estrutura da malha digital: antes de se fazer qualquer operação sobre uma imagem digital, deve-se conhecer primeiro a estrutura de relações espaciais entre os pixels, ou seja, definir quais as relações de vizinhança entre os pixels da malha digital, para se poder saber de que forma se distinguirão objectos constituídos por conjuntos de pixels, assim como definir as suas respectivas fronteiras.

- Para tal, há que estabelecer a geometria da malha digital de representação e caracterizá-la topologicamente.

Num largo número de sistemas digitais de aquisição de imagem, a sua estrutura espacial é definida segundo uma malha ortogonal e equidistante, sendo cada ponto dessa malha chamado de “pixel”. Regra geral, os pixels têm forma quadrada. A geometria da malha é que pode variar.



Malha rectangular



Malha hexagonal

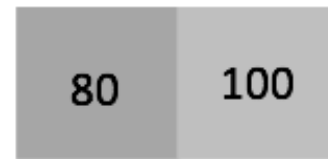
As regras de conectividade estabelecem a relação entre dois ou mais pixels.

De uma forma geral, para que dois pixels sejam considerados como conectados, têm que verificar condições de adjacência radiométrica e adjacência espacial.

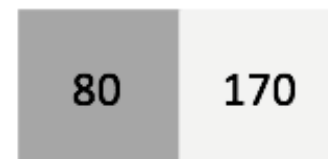
Em primeiro lugar, para que dois pixels se considerem conectados radiometricamente, têm ambos que ter valores pertencentes a um mesmo intervalo numérico (classe numérica), ou conjunto de valores numéricos, podendo dizer-se que assim pertencerão a um mesmo tipo de objeto.

Conectividade e vizinhança

Por exemplo, numa imagem de cinzentos de 8-bits, estabelecendo o critério de similitude de serem semelhantes todos os pixels com valores dentro do intervalo $I = [60, \dots, 120]$, dois pixels com valores respectivamente de 80 e 100 são semelhantes, estando espacialmente próximos, ou não. Outros dois com valores de 80 e 170, não são semelhantes.


 I


Semelhantes



Não semelhantes

Para formular o critério de conectividade espacial, introduz-se primeiro o conceito de **vizinhança**.

A vizinhança de conectividade-4 do pixel de coordenadas (x, y) é o conjunto de pixels V_4 .

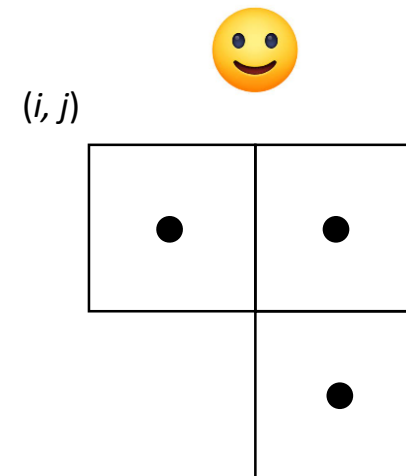
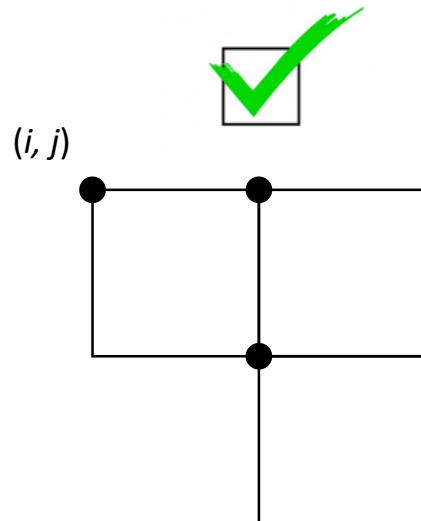
$$V_4(x, y) = \{(x, y), (x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)\}$$

A vizinhança de conectividade-8 do pixel de coordenadas (x, y) é o conjunto de pixels V_8 .

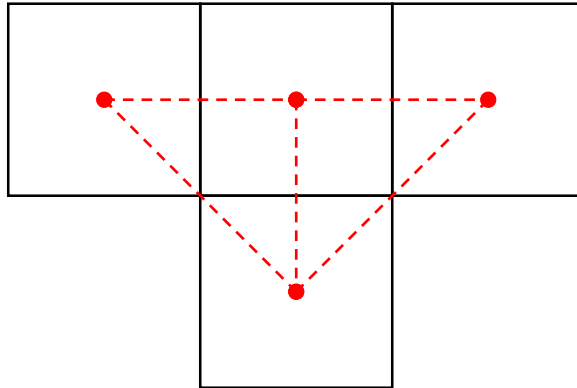
$$V_8(x, y) = V_4(x, y) \cup \{(x + 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x - 1, y + 1), (x - 1, y - 1)\}$$

Conectividade e vizinhança

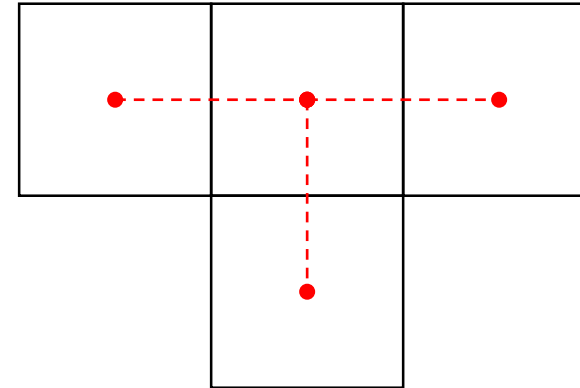
Por definição, as coordenadas imagem de um pixel devem referir-se ao seu canto superior esquerdo. Contudo, para facilitar a compreensão de vários conceitos, será por vezes ilustrada a sua posição no seu centro geométrico.



O **grafo de adjacência** de um certo conjunto de pixels é representado pelo conjunto de ligações elementares que conectam esses pixels.



Grafo de conectividade 8

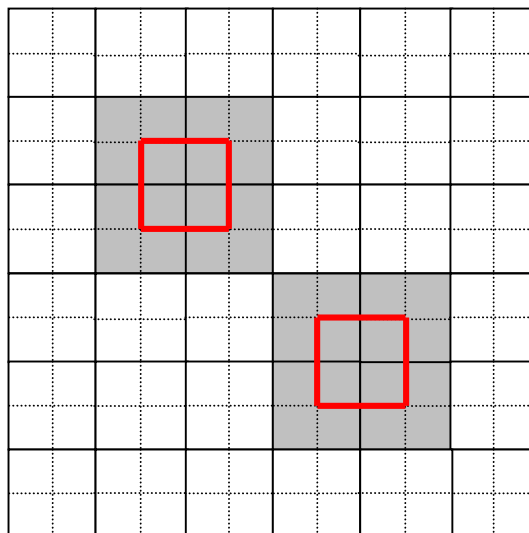


Grafo de conectividade 4

Conectividade e vizinhança

Na malha de conectividade-4 há um máximo de quatro pixels vizinhos a que cada pixel se pode conectar.

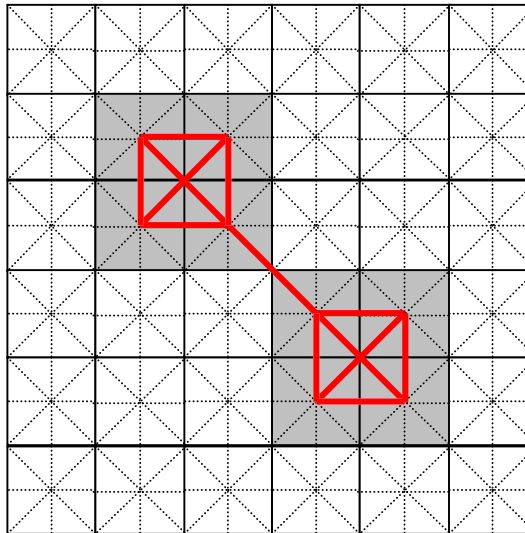
Na figura, os dois conjuntos de pixels sombreados tocam-se aparentemente num vértice. Contudo não se consideram conectados entre si, pela razão de que a conectividade da malha só permite a conexão de pixels segundo as direcções horizontal e vertical. Há portanto dois objectos distintos.



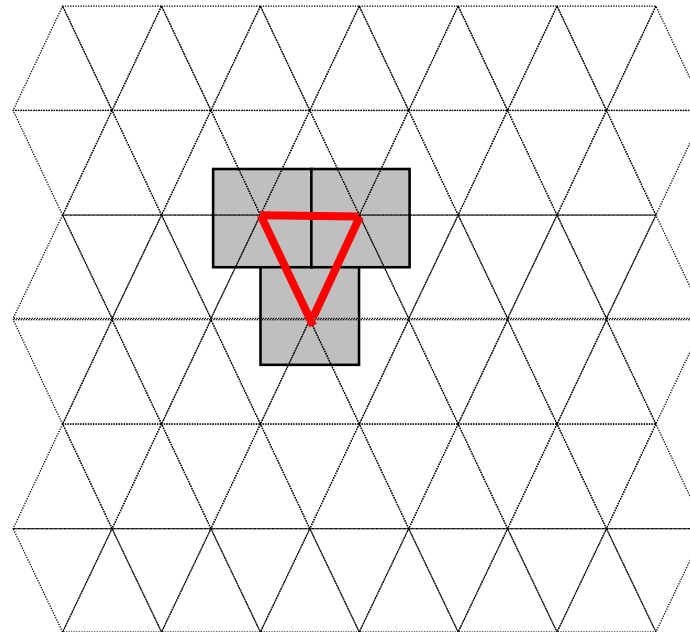
Conectividade e vizinhança

Na malha de conectividade-8 há um máximo de oito pixels vizinhos a que cada pixel se pode conectar.

Assim, havendo conexão na diagonal, os pixels sombreados constituem um só conjunto conexo.

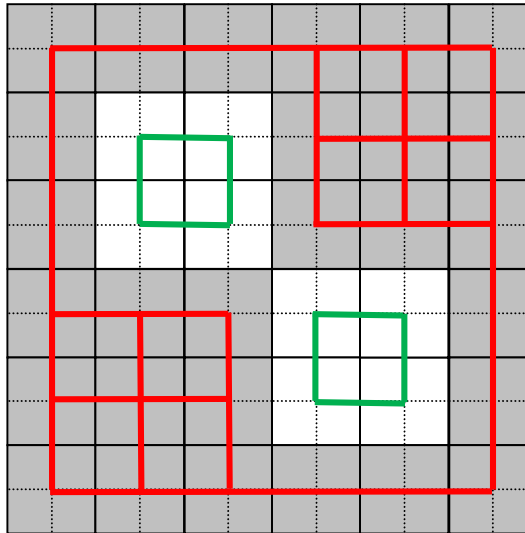


A malha hexagonal é de conectividade-6 e, neste caso, a vizinhança de cada pixel é constituída sempre por sete pixels.

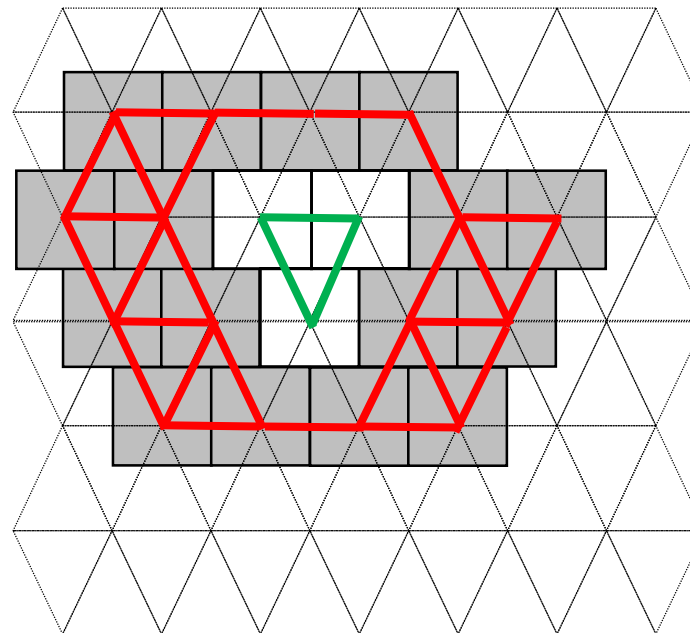


Conectividade e vizinhança

Para a malha de conectividade-4, os grafos correspondentes ao conjunto e ao seu complementar, não se intersectam, o que não cria ambiguidades lógicas.

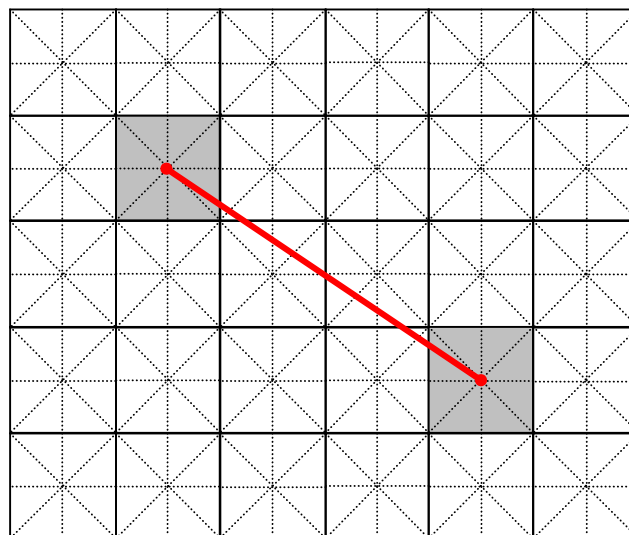


No caso da malha hexagonal não existe ambiguidade lógica entre um conjunto e o seu complementar.



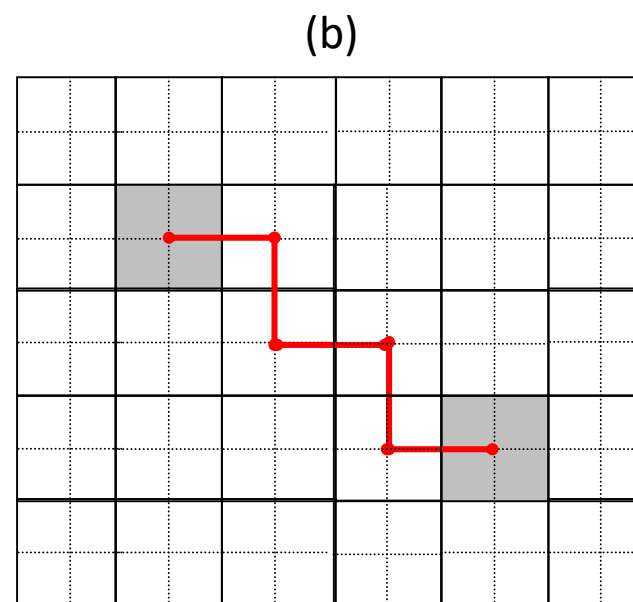
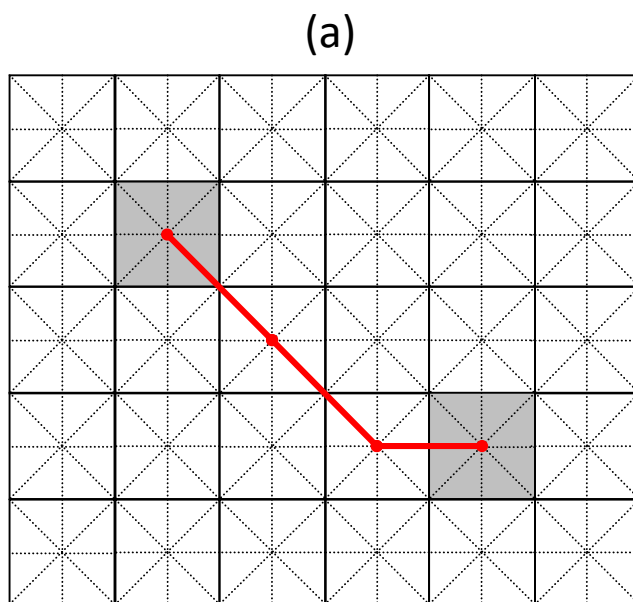
Numa malha digital, as distâncias entre pixels são geralmente duas: **distância euclidiana** e **distância grafológica**.

Distância euclidiana: calculada através das diferenças de coordenadas-pixel entre os dois pixels.



$$|\Delta M| = 3; |\Delta P| = 2; Dist = \sqrt{13} \approx 3.6;$$

Distância grafológica: corresponde ao valor da menor soma de conexões que ligam os dois pixels dentro do grafo de adjacência da malha digital.



(a): distância grafológica numa malha de conexidade-8 (Chessboard Distance): $Dist = 3$;

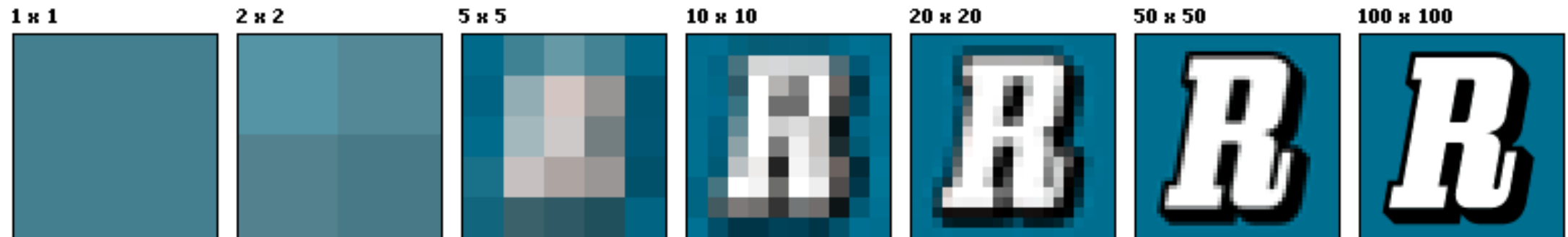
(b): distância grafológica numa malha de conexidade-4 (City Block Distance): $Dist = 5$.

Descreve o nível de detalhe de uma imagem. O termo aplica-se a imagens digitais, imagens em sequências de vídeo, ou outros tipos de imagem. Resoluções mais altas significam maior detalhe.

Tipos de resolução associados às imagens digitais:

1. Número de pixels (*pixel count*)
2. Pixels por polegada (*PPI*)
3. Pontos por polegada (*DPI*)
4. Espacial (*spatial resolution*)
5. Espectral (*spectral resolution*)
6. Radiométrica (*radiometric resolution*)
7. Temporal (*temporal resolution*)

Número de pixels (*pixel count*): quando a contagem dos pixels de uma imagem é referida como “resolução”, a convenção descreve-a como o conjunto de dois números inteiros positivos em que o primeiro corresponde ao número de colunas (*width*) e o segundo corresponde ao número de linhas (*height*).



Outra convenção comum para quantificar o número de pixels consiste na contagem em mega-pixels, que pode ser calculada multiplicando o número de colunas pelo número de linhas, e dividindo por um milhão (1 mega-pixel = 10^6 pixels).

Por exemplo: uma imagem de 2048 colunas por 1536 linhas tem um total de $2048 \times 1536 = 3145728$ pixels, ou seja, 3.1 mega-pixels.

O tamanho de uma imagem digital está, pois, relacionado com a quantidade de pixels que tem e não com o tamanho da sua representação num ecrã.

“Pixels por polegada”, ou “*pixels per inch*” (PPI): é uma medida de densidade ou resolução de uma tela de computador, tela de televisão ou outro dispositivo de exibição. O valor de *PPI* indica quantos pixels estão em uma linha de uma polegada, num ecrã, independentemente se ela está na vertical, ou na horizontal (tratando-se de pixels quadrados).

O tamanho do ecrã não quer dizer absolutamente nada quando se fala em qualidade. Saber o número em polegadas de um ecrã, ou *display* de um *smartphone*, não diz nada acerca da sua resolução. Tratando-se de qualidade, o número que realmente importa é o que se expressa em pixels. Basicamente, quanto mais pixels houver em um mesmo espaço, melhor será a definição das imagens e, conseqüentemente, melhor será a qualidade visual.

Cálculo do valor da resolução PPI de um ecrã:

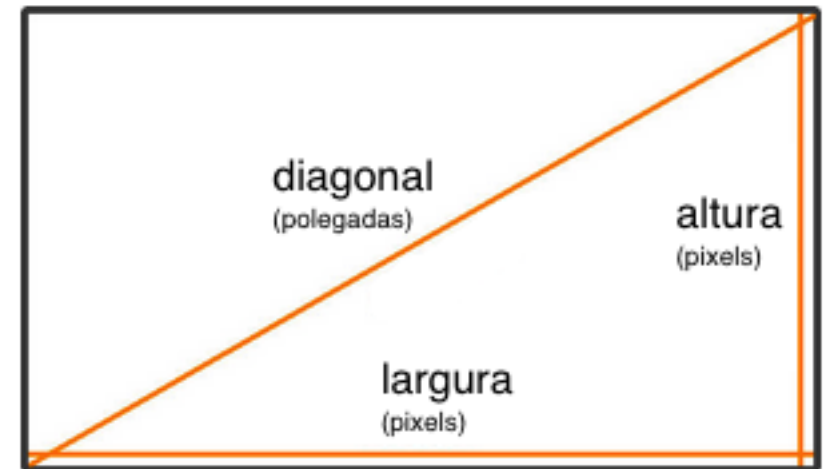
$$diagonal \text{ (pixels)} = \sqrt{largura^2 + altura^2}$$

$$PPI = \frac{diagonal \text{ (pixels)}}{diagonal \text{ (polegadas)}}$$

Exemplo:

Resolução de um ecrã de 1920×1080 pixels (Full HD), com 15"

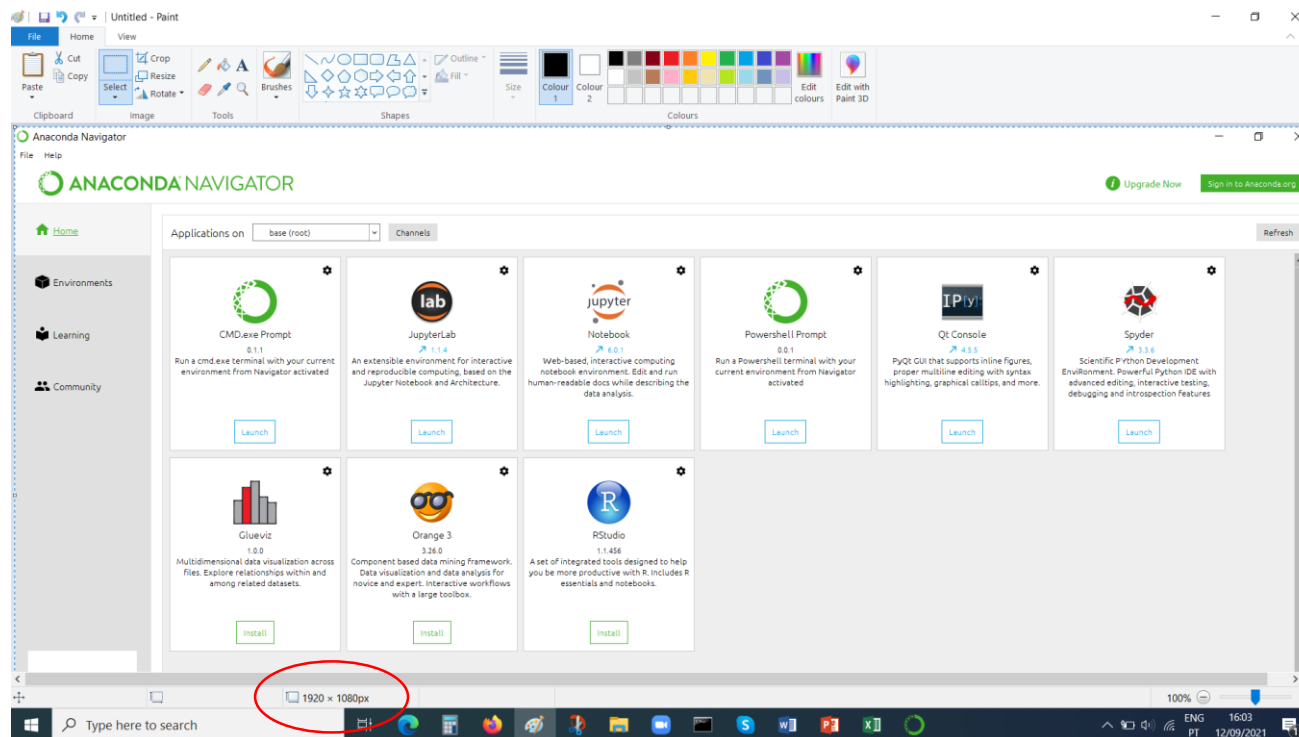
$$PPI = \frac{\sqrt{1920^2 + 1080^2}}{15} = 96$$



Ecrã

Como saber rapidamente qual a dimensão de um ecrã em pixels:

1. Fazer um *printscreen*.
2. Abrir a aplicação *Paint* e fazer Ctrl+V.
3. Ler o tamanho da imagem (1920×1080 pixels) no rodapé.



“Pontos por polegada”, ou “*dots per inch*” (DPI): no momento da impressão de uma imagem em papel, o pixel deixa de existir e “o que se vê” no papel são apenas minúsculos pontos que a compõem. O valor de DPI corresponde à resolução com que a imagem será imprimida e depende dos valores em pixels, já que é necessário fazer uma conversão antes.

Nas fases, quer de impressão, quer de digitalização de uma imagem, deve-se ter em atenção a escolha do valor de DPI, pois tal influencia diretamente o tamanho e a qualidade da foto. Normalmente não é preciso um valor muito alto, podendo-se usar, para a maior parte dos casos, os valores de referência de 72, 100, ou 300.

Partindo da imagem digitalizada, coloca-se a questão ao contrário: conhece-se o valor de DPI e a sua dimensão (em pixels). Pode-se então determinar uma das suas dimensões de impressão em papel. Se este comprimento for ultrapassado, na impressão, ou na sua apresentação num ecrã, a qualidade pode ficar comprometida.



Imagem
 256×256
 96 PPI

$$diagonal \text{ (polegadas)} = \frac{diagonal \text{ (pixels)}}{DPI}$$

Exemplo:

Imagem de 256×256 pixels

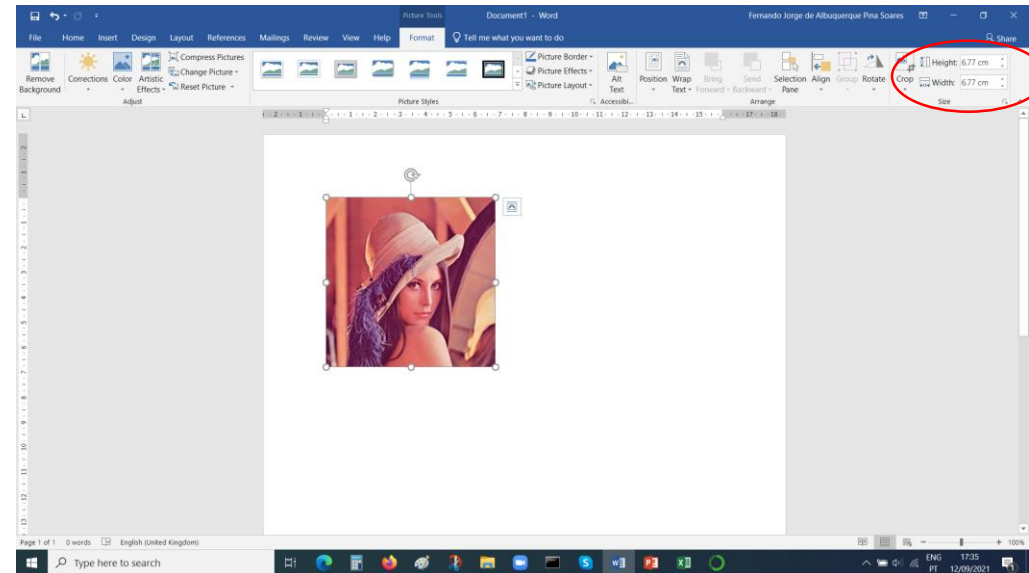
$$\begin{aligned} diagonal \text{ (cm)} &= diagonal \text{ (polegadas)} \times 2.5400051 = \\ &= \frac{\sqrt{256^2 + 256^2}}{96} \times 2.5400051 = 3.77 \times 2.5400051 \\ &= 9.57 \text{ cm} \end{aligned}$$

Como entender rapidamente o espaço que uma imagem ocupa numa folha de papel:

1. Abrir um novo document MsWord (folha A4).
2. Importar imagem.
3. Verificar a suas dimensões



Imagem
256 × 256
96 PPI



$$\frac{\sqrt{256^2 + 256^2}}{96} \times 2.5400051 = \sqrt{6.77^2 + 6.77^2} \text{ cm}$$

A distância máxima de impressão, expressa em centímetros (1 polegada = 2.5400051 cm), de um comprimento de k pixels a n DPI, pode calcular-se da seguinte forma:

$$\text{distância (cm)} = \frac{k}{n} \times 2.5400051$$

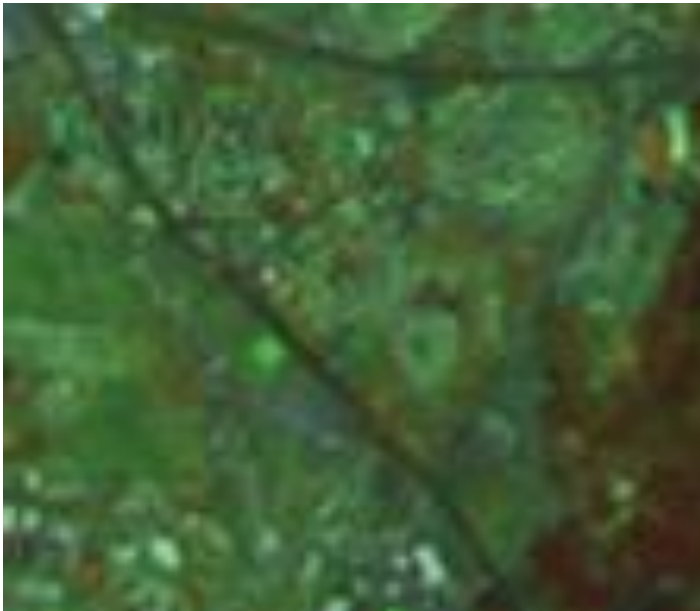
Por exemplo, para uma imagem com resolução de 1920×1080 pixels, a 72 DPI, tem-se:

- Largura da imagem no papel = $1920/72 \times 2.5400051 = 67,73$ cm
- Altura da imagem no papel = $1080/72 \times 2.5400051 = 38,10$ cm

Para uma imagem com resolução de 1920×1080 pixels tem-se, a 300 DPI, tem-se:

- Largura da imagem no papel = $1920/300 \times 2.5400051 = 16,25$ cm
- Altura da imagem no papel = $1080/300 \times 2.5400051 = 9,14$ cm

Resolução espacial: consiste na capacidade de distinção espacial, na imagem, entre dois objectos próximos (não é o tamanho do menor objecto que pode ser visto na imagem). Quantifica-se pela área real que um pixel da imagem representa.



Landsat TM (30 m)



Ikonos (1 m)

Resolução espectral: poder de resolução do espectro de frequência, ou seja, medida do poder de resolução dos valores do comprimento de onda, dentro do espectro electromagnético.

near infrared image
wavelength = 810 nm



visible light image
wavelength = 660 nm



visible light image
wavelength = 560 nm



Actualmente, a maioria dos satélites mede a energia electromagnética em muitos comprimentos de onda diferentes. Tal é designado como imagem multiespectral.

Imagens tiradas em diferentes comprimentos de onda podem ser combinadas entre si, criando imagens compostas.



Combinação cor-falsa

Resolução radiométrica: poder de distinção de diferenças de intensidade dos objectos. É geralmente expressa em níveis de cinzento, ou número de *bits*.

O número total de níveis de cinzento que uma imagem de n *bits* pode ter é igual a 2^n .
Por exemplo:

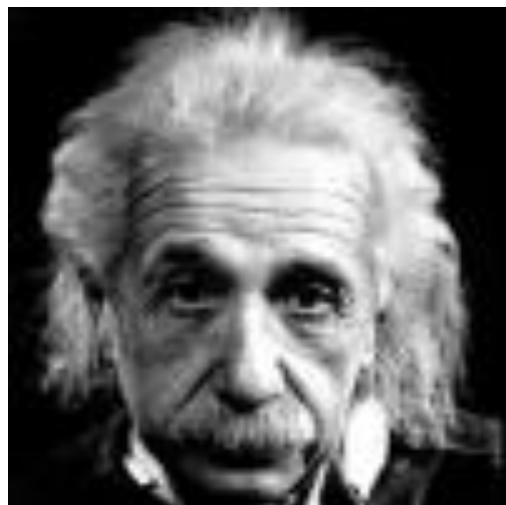


Imagem de 8 *bits*: número de níveis de cinzento = $2^8 = 256$ (mais comum)

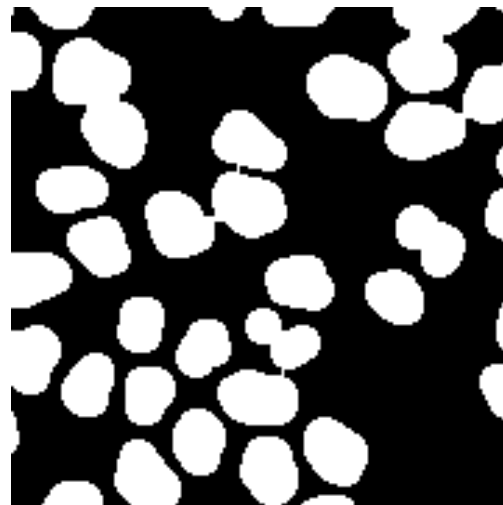


Imagem de 1 *bit*: número de níveis de cinzento = $2^1 = 2$ (imagem binária)

No caso de uma imagem colorida (RGB), esta é constituída por uma composição de três componentes de 8 *bits* cada, ou seja, a resolução radiométrica é de 24 *bits*.



Imagem de 24 *bits*: 3 componentes de 8 *bits* ($2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 2^{24}$)

Resolução temporal: intervalo de tempo depois do qual é adquirida informação acerca de um mesmo objecto.

Séries de imagens que mostram um mesmo objecto, tiradas em momentos diferentes (ao longo do tempo) são referidas como informação multi-temporal.

