

# Aula 2

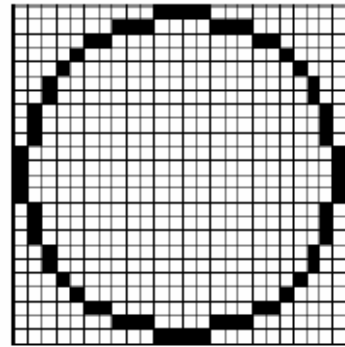
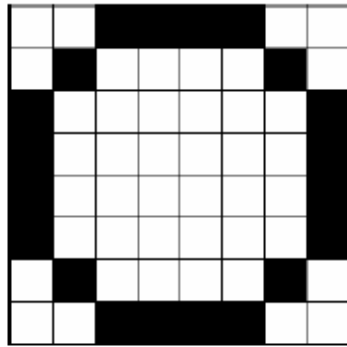
Professora

**Drucilla do Bem Oliveira**

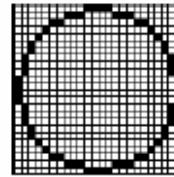
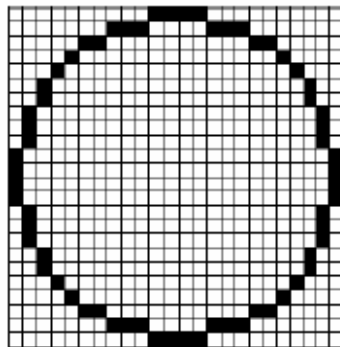
[drucoliveira@hotmail.com](mailto:drucoliveira@hotmail.com)

## Resolução Espacial

- Ao ser digitalizada a imagem assume um tamanho adimensional, em pixels. Mas, pode-se conhecer uma medida de qualidade da amostragem, conhecendo-se a razão entre o número de pixels obtido e o tamanho da imagem real no filme ou equivalente. A isso chama-se de Resolução.
- Em geral, é medida em pontos por polegada ou DPI (dots per inch), mas pode ser também em pontos por centímetro ou DPC, ou ainda em qualquer outra unidade equivalente.
- Também é simples estabelecer a relação: número de pixels = resolução x tamanho real.
- Para entender melhor isso, pode-se fazer a seguinte questão: Dado o tamanho da imagem (em cm, in, etc...), quantos valores discretos vão ser tomados? Escolhendo-se a resolução a resposta é dada pela equação acima.
- Veja algumas resoluções típicas: Monitor Comum - 72 DPI; Scanner - 1200 DPI; Impressora Jato de Tinta Popular - 600 DPI
- Como temos duas dimensões, podemos definir uma resolução horizontal e uma vertical.
- Quando nada se diz a respeito disso, quer dizer que são iguais (a grande maioria das vezes), caso contrário são necessários dois valores. Uma vez que são diferentes, a razão de aspectos da área entre um pixel e outro não é 1:1 e portanto não é um quadrado.
- Isso gera algumas confusões, pois no monitor a razão é 1:1 e esta imagem quando visualizada aparecerá deformada.
- Quando duas imagens com tamanhos reais iguais são capturadas com resoluções diferentes, naturalmente terão número de pixels diferentes e na tela aparecerão com tamanhos diferentes.
- Na figura a seguir mostramos um círculo amostrado em duas resoluções, mas exibido no seu tamanho original.



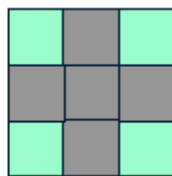
- Quando duas imagens de tamanhos reais diferentes são capturadas com resoluções diferentes de tal forma que gerem imagens digitais com o mesmo número de pixels, quando visualizadas no monitor aparecerão com o mesmo tamanho na tela.
- No exemplo a seguir mostramos as imagens proporcionais ao seu tamanho original.



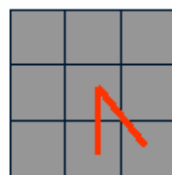
- Quando queremos realizar alguma medida sobre os objetos contidos na imagem surge um outro parâmetro, a escala. Pode-se defini-la matematicamente idêntica a resolução só que as unidades serão as mais variadas possíveis.
- Caso não seja conhecida, é fácil de se obtê-la.
- Medem-se algumas distâncias reais na imagem digital e calcula-se a média das razões entre distância e número de pixels, obtendo-se a escala.
- A partir desse momento outras distâncias podem ser feitas na imagem com qualidade aceitável.
- É claro que se os objetos não estejam em um mesmo plano, as medidas são muito mais complexas e envolvem transformações projetivas.

## Topologia de um Pixel

- As amostras do plano são pontuais e adimensionais, mas os dispositivos para reconstrução não deixam um espaço entre uma amostra e outra.
- Assim, muitas vezes iremos representar o pixel, não como um ponto, mas como um quadrado preenchido com a cor do pixel, que está no seu centro.
- Por sinal, o exemplo anterior já usa essa representação.
- Como vimos, pixels são normalmente quadrados, gerando uma grade (*grid*) regular devido à amostragem uniformemente espaçada.
- Um problema que aparece nesse momento é: Quais são os vizinhos de um determinado pixel?
- Essa pergunta é fundamental para algoritmos de preenchimento de áreas e algoritmos de determinação de continuidade de objetos na imagem.
- Nesta grade regular podemos definir dois tipos de vizinhança: 4 conectada (onde os vizinhos são equidistantes) ou 8 conectada (onde nem todos são equidistantes, os vizinhos na diagonal são mais distantes que os vizinhos nas laterais). Normalmente usa-se uma combinação das duas vizinhanças, definindo 4 conectada para os objetos e 8 conectada para o fundo.



Vizinhança 4 Conectada



Vizinhança 8 Conectada



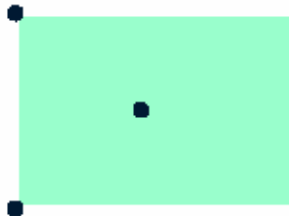
Vizinhos 8 conectados,  
mas não 4 conectados

- Para criar uma vizinhança onde todos os vizinhos fossem equidistantes e só houvesse uma definição, temos que mudar a grade regular para uma grade hexagonal.
- São poucos algoritmos implementados com essa vizinhança, pois como a imagem está em geral amostrada em um grade regular, deve-se convertê-la para a grade hexagonal, realizar o processamento e convertê-la de volta para a grade regular.



Vizinhança Hexagonal

- Já que estamos falando da grade não poderíamos deixar de falar sobre a origem do sistema de coordenadas. Localizada no canto superior esquerdo na grande maioria dos sistemas de processamento de imagem, pode na realidade ser posicionada em qualquer lugar da imagem, até mesmo fora dela.
- Essa localização preferencial para o canto superior esquerdo, com eixo  $y$  invertido em relação ao padrão da matemática, é herdada dos próprios dispositivos de visualização, onde a primeira linha a ser redesenhada na tela é a do topo da tela, que segue o padrão de escrita ocidental, da esquerda para a direita e de cima para baixo.

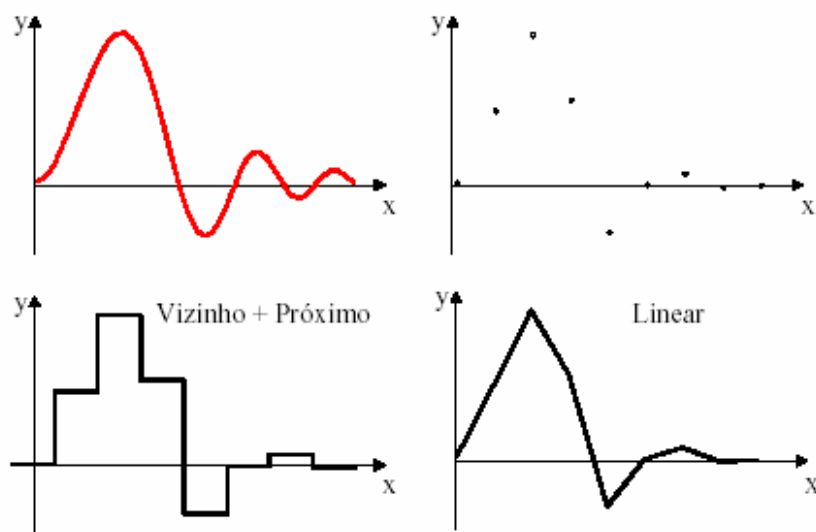


Origens Mais Comuns

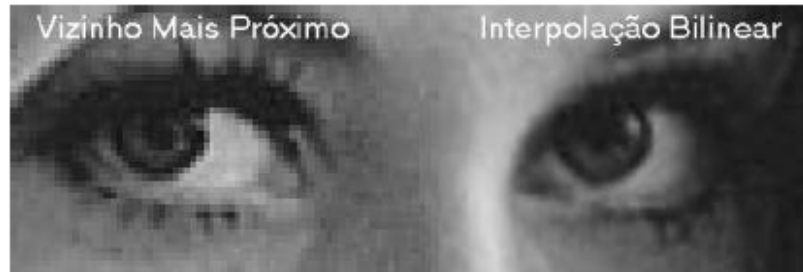
## Reconstrução

- Quando falamos em amostragem imediatamente nós temos o problema inverso: Como reconstruir? Ou melhor podemos fazer a pergunta:
- Dados os valores discretos, qual a função contínua? Quando estamos no ambiente computacional, também estamos querendo resolver um outro problema que é o de re-amostragem. Isto é, reconstruir e amostrar novamente com outra resolução ou com outro grid regular ou não.
- Em matemática, reconstrução é sinônimo de interpolação. O uso desse conceito permite que dado uma seqüência de amostras obtemos o valor em uma posição qualquer do eixo.

- A técnica mais trivial é simplesmente escolher a amostra mais próxima da posição desejada e tomar o seu valor como valor desta posição. Esta técnica é usada muito para a visualização da imagem em maior ou menor proximidade, ou melhor, fazendo Zoom.
- Simulando uma aproximação ou afastamento da imagem em relação ao observador.
- As amostras do plano são pontuais e adimensionais, mas os dispositivos para reconstrução não deixam um espaço entre uma amostra e outra.
- Assim, muitas vezes iremos representar o pixel, não como um ponto, mas como um quadrado preenchido com a cor do pixel, que está no seu centro.
- Por sinal, o exemplo anterior já usa essa representação.
- Uma outra técnica muito utilizada para fazer reconstrução é a de interpolação linear (bilinear no caso de 2 dimensões).
- Essa técnica calcula uma média ponderada das amostras mais próximas da posição desejada de acordo com a distância à mesma.
- Pela figura a seguir podemos perceber que a interpolação linear irá obter resultados bem melhores que a de vizinho mais próximo. Mas fica claro que podemos obter resultados ainda melhores usando curvas em vez de retas.
- Uma técnica com esse enfoque que se tornou popular é a interpolação bi-cúbica, que é semelhante a interpolação linear, mas em vez de usar retas, usa funções cúbicas (x3) para realizar a ponderação.



- Esta imagem mostra o efeito de uma mudança no tamanho de uma determinada imagem, usando-se a técnica de interpolação linear e a técnica do vizinho mais próximo.



- Toda técnica de deformação da imagem, como rotação ou coisas mais genéricas como Warping são implementados usando interpolação (Obs: Morphing = Warping + Blending).
- Por que no fundo estamos reconstruindo, deformando o modelo contínuo e re-amostrando.

## Captura

- Existem diversos mecanismos de captura de imagens. Os mais conhecidos são o Scanner, o Digitalizador de Sinal de Vídeo (Frame/Vídeo Grabber) e a Câmera Digital.

## Scanners

- Scanners provem as imagens de mais alta resolução, mas em compensação são mais caros.
- Podem capturar diversos tipos de superfície, as mais importantes são papel e filmes fotográficos.
- Utilizam o sistema de cor RGB e possuem uma calibração fácil de ser feita.
- O procedimento de calibração requer um modelo impresso, em geral fornecido pelos programas que aceitam calibração.
- Esse modelo contém uma série de cores, conhecidas ao programa.
- Assim, quando a imagem é capturada o programa compara os valores obtidos com os valores esperados e pode então gerar um perfil de correção para aquele scanner.

- Os scanners são muito semelhantes à máquinas Xerox (fotocopiadoras). Existem basicamente três tipos: manuais, de mesa ou de cilindro.
- Em qualquer caso o scanner dispõe de uma fonte de luz em forma de uma linha que varre a imagem impressa e mede a quantidade de luz refletida ou transmitida em cada ponto.
- A luz captada é convertida em um sinal elétrico através de um conjunto de foto-detetores que também formam uma linha.
- O sinal elétrico é finalmente digitalizado e enviado ao computador.
- No caso de **scanners manuais** a varredura é feita deslizando o aparelho sobre a imagem a ser capturada.
- **No de mesa**, em processo análogo ao da Xerox, a varredura é realizada automaticamente pelo aparelho que desloca a fonte de luz e os foto-detetores.
- **No de cilindro** tanto a fonte de luz quanto a imagem se movem para fornecer maior qualidade ao processo. Neste caso a fonte de luz se move dentro do cilindro enquanto a imagem é fixada na sua superfície que gira durante o processo.
- A escolha da DPI a ser utilizada é o fator mais crítico no uso do scanner.
- A primeira coisa que se deve ter em mente é "Qual o objetivo ao digitalizar a imagem?". Uma solução é encarar três tipos de resultados:
  - Para visualização somente em monitores,
  - Para edição e impressão futura,
  - E para análise científica..
- **Para visualização somente em monitores** a resolução máxima em pixels do monitor vai ditar o tamanho máximo em pixels da imagem. Imagens capturadas para o uso na Internet se encaixam neste caso.
- **Para edição e Impressão** futura a maior DPI da impressora a ser utilizada vai ditar a DPI a ser utilizada no scanner durante a captura. Mas, no caso de impressoras a 2 cores, deve-se compensar o tamanho da matriz de dithering. Por exemplo, se for 6x6 em 600 DPI, basta enviar uma imagem de 36 tons de cinza em 100 DPI.
- **Para análise científica**, onde o objetivo é obter medidas na imagem, o que vai indicar a resolução é a precisão dos valores que se deseja obter no espaço da imagem.
- Esta precisão indicará a menor distância entre dois pixels, o que por consequência ditará a DPI.

## Digitalizadores de Sinal de Vídeo

- Digitalizadores de Sinal de Vídeo dependem do padrão de vídeo utilizado, NTSC, PAL-M, etc. Em geral são de baixa resolução.
- Alguns permitem capturar um único quadro, chamados de *Frame Grabbers*, outros permitem gravar seqüências inteiras em tempo real, são chamados de *Vídeo Grabbers*.
- Algumas placas gráficas já incorporam, além da saída para o monitor de vídeo, a saída para vídeo analógico compatível com os padrões conhecidos, e possuem também entrada para vídeo analógico e para RF (sinal de RádioFrequência), ou seja, pode-se ligar o vídeo cassete no computador para capturar e gerar novos vídeos, assim como usar o computador como sintonizador de TV.
- Uma imagem de vídeo gerada por uma câmera ou um videocassete pode ser digitalizada diretamente a partir do sinal elétrico que a representa, que em geral está disponível como uma saída do equipamento.
- O sinal de vídeo é organizado em linhas de imagem, que contém um sinal analógico. Portanto, o número de linhas da imagem já é praticamente definido pelo próprio sinal de vídeo; para os sistemas NTSC e PAL-M esse valor é 525 e para o sistema PAL-G é 625. Dentre estas apenas aproximadamente 480 são visíveis (na realidade somente de 240 a 360 linhas do sinal de vídeo contém informação relevante).
- O número de colunas é normalmente escolhido de acordo com o número de linhas para manter a razão de aspectos da imagem. A escolha do número de colunas também é limitada pela banda do canal de vídeo, que para o sinal padrão NTSC é da ordem de no máximo 750 pixels por linha. Nas televisões comerciais existem cerca de 440 pontos numa linha horizontal.
- Quando se está trabalhando diretamente com o conjunto câmera e digitalizador, após a captura da imagem, pode-se tentar melhorar a qualidade da mesma com um método muito simples. Com a câmera desfocada ou com um fundo neutro, como um papel cinza, captura-se uma imagem, esta imagem ao ser subtraída da imagem normalmente capturada elimina sujeiras que por ventura estejam na lente ou em um fundo irregular advindo de problemas de alinhamento do equipamento, ou outros.

## Visualização

- Há duas formas básicas de visualização, o monitor e a impressora, embora existam outros dispositivos, como por exemplo, gravadores de slides.

## Monitores

- Atualmente existem diversas tecnologias de monitores, os mais comuns funcionam como as televisões comerciais usando tubo de raios catódicos (C.R.T.).
- Mas a distância entre os centros dos três fósforos RGB do monitor é de 0,21mm e da TV é de 0,60mm (essa distância é chamada de dot pitch). São chamados de dispositivos matriciais de rastreamento, onde a imagem precisa ser reescrita na tela a cada determinado intervalo de tempo (isto é um dos motivos das imagens digitais serem chamadas de raster images). Por consequência, a imagem gerada para toda a tela do monitor precisa ser guardada em algum dispositivo; este dispositivo é a placa gráfica.
- O monitor utiliza o sistema RGB e possui um número determinado de pixels na horizontal e na vertical. Mas a cor é contínua, depende apenas das cores fornecidas pela placa gráfica. Esta irá dizer se estamos trabalhando em 640x480 com 256 cores ou 1280x1024 com 24 bits, por exemplo.
- Assim, a visualização no monitor é dependente do melhor ajuste entre ele e a placa de vídeo.
- Geralmente possuem baixa resolução, aproximadamente 72 DPI.
- Vimos que a imagem formada na tela está sendo redesenhada a cada instante. Se este redesenho não é rápido o suficiente aparece o fenômeno chamado de *flickering*.
- A imagem parece estar piscando. Isso ocorre porque a frequência de rastreamento é muito baixa para a configuração escolhida.
- É preciso saber se, tanto o monitor, quanto a placa gráfica, suportam uma frequência aceitável para a configuração desejada. Em geral, valores acima de 75Hz são excelentes, e 60Hz é aceitável.
- É interessante observar que a razão de aspectos de um pixel na tela é 1x1, mas um ajuste errado do monitor pode provocar distorções. As resoluções de tela são múltiplos de 4x3 (640x480, 800x600, 1024x768) para que justamente resultem em *pixels* quadrados.
- Para verificar isso, veja se a área de visualização no monitor está na razão 4x3 (cabe lembrar que a razão de uma tela de cinema é 2x1 e das novas televisões de alta definição (HDTV) é de 16x9).
- Uma outra maneira de fazer a calibração de aspectos é simplesmente desenhar um quadrado em *pixels*, usando, por exemplo, um programa simples de pintura, e medir

esse quadrado com uma régua na tela do monitor, se estiver distorcido então deve ajustar o monitor até que o quadrado esteja correto.

- A calibração de cor de monitores requer um dispositivo que é colocado na sua tela e retorna a informação de cor necessária para o programa de calibração. Mas neste caso, a calibração também depende da luz ambiente.

## Armazenamento

- Uma vez capturada a imagem, esta é armazenada na memória do computador como uma seqüência de bytes, ou melhor, um mapa de bits (Bitmap).
- Este armazenamento é feito independente da resolução e número de cores do monitor (Device Independent Bitmap - DIB), embora alguns programas simples, como o PaintBrush do Windows 3.1, que usa um bitmap dependente da configuração de tela.
- Como vimos anteriormente, a imagem digital é simplesmente uma matriz de pixels, onde cada pixel é um número (ou 3, etc...) que representa o valor da cor naquela posição.
- Quanto maior o número de pixels, maior o tamanho da imagem na memória. Mas qual o tamanho de cada pixel?
- Isso vai depender de obviamente do sistema de cor e do número de bits usado para representar cada componente. Se a imagem é monocromática (tons de cinza) terá apenas 1 componente, se for colorida no sistema RGB terá 3 componentes, e assim por diante.
- Cada componente será quantizada por um determinado número de bits. Em geral, usam-se apenas 8. A partir da versão 4.0 o sistema Photoshop, por exemplo, passou a tratar imagens com 16 bits por componente. Cuidado para não confundir esse número com o valor de 16 bits de cor de algumas resoluções de display, neste caso usam-se 5 bits para cada componente RGB, e um bit é flexível, normalmente usado para dar ao verde 6 bits. Já em sistemas de processamento de imagens científicas é muito comum tratar imagens com números inteiros com 32 bits que incluem valores negativos, ou até mesmo números de ponto flutuante (valores com várias casas decimais de precisão).
- Quando falamos de 8 bits, falamos de 28 (256) possibilidades de valores diferentes para cada componente. Assim, se são 3 componentes temos  $28 \times 28 \times 28 = 224$  (também chamada de resolução de cor *True Color*), totalizando aproximadamente 16 milhões de cores possíveis.
- É claro que imagem alguma usa todas as cores disponíveis ao mesmo tempo..

- **Exemplo 3:**
  - A mesma imagem com 600 DPI
  - Tamanho = ~24 Mb
  - **Exemplo 4:**
  - Página A4 com 600 DPI = ~100Mb



- Historicamente, computadores não possuíam uma interface gráfica tão poderosa quanto temos hoje. Assim, foram definidas simplificações para o modelo RGB, que embora diminuam significativamente o número de cores disponíveis, reduz o tamanho da imagem em memória.
- Essas imagens são chamadas de indexadas ou coloridas com palheta de cores (*indexed images, palette based images*).
- Nessas imagens o valor do *pixel* contém um único número que corresponde a um índice para uma tabela, essa tabela é que conterá o valor da cor em RGB. Imediatamente podemos ver que as 3 componentes são reduzidas para 1, isso já é uma grande economia já que o tamanho da palheta é pequeno perto do tamanho da imagem.
- As imagens tons de cinza podem ser vistas como um caso particular onde a palheta contém os valores de R, G e B iguais.