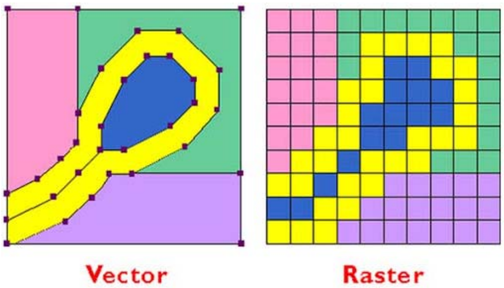
PRIMITIVAS GRÁFICAS 2D

Prof. Dr. Bianchi Serique Meiguins
Prof. Dr. Carlos Gustavo Resque (gustavoresqueufpa@gmail.com)

Rasterização

- Vetorial vs Matricial
- O monitor do computador é matricial
- A transformação de representação vetorial em matricial é chamada de **rasterização**

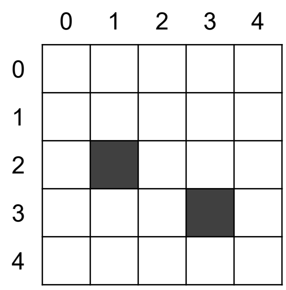


Ponto

- Matematicamente pode ser representado por um par ordenado de números.
  - (x, y)
- No caso da CG um ponto é um pixel e além de do par ordenado, este tem uma cor.
  - $(x, y) \rightarrow cor$

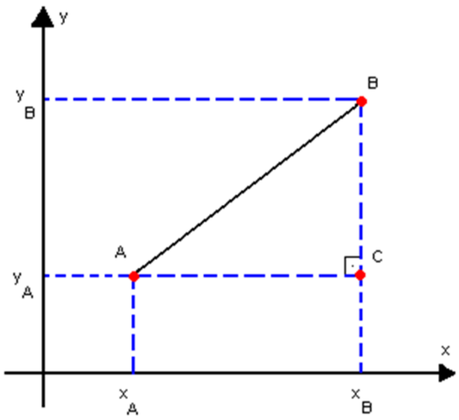
Operações com Pixels

- **Ler** um pixel:
  - Entrada: (x,y)
  - Saída: cor
- **Pintar** um pixel:
  - Entrada: (x, y, cor)
  - Saída: vazia
  - Resultado: pixel muda de cor.



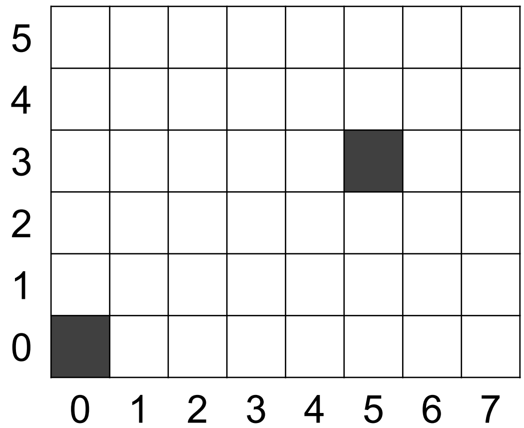
Linhas Retas

- Matematicamente:
  - $y = mx + b$
- $m = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$
- $b = y_A - mx_A$



Problema

- Deseja-se desenhar uma linha entre os pontos
- Como escolher os pixels a serem pintados?



Problema

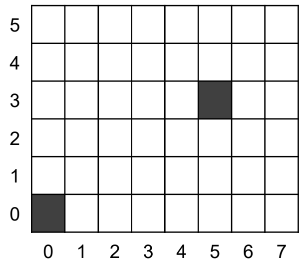
- Deseja-se desenhar uma linha entre os pontos
- Como escolher os pixels a serem pintados?

P1(0,0) P2(5,3)

$m = \frac{3-0}{5-0} = \frac{3}{5} = 0.6 \quad b = 0 - \frac{3}{5} \times 0 = 0$

$y = \frac{3x}{5}$

X	Y	Y_{num}	Y_{disc}
0	0	0	0
1	$\frac{3 \times 1}{5} = {}^{3}/_{5}$	0.6	1
2	$\frac{3 \times 1}{5} = {}^{6}/_{5}$	1.2	1
3	$\frac{3 \times 1}{5} = {}^{9}/_{5}$	1.8	2
4	$\frac{3 \times 1}{5} = {}^{12}/_{5}$	2.4	2
5	3	3	3



Problema

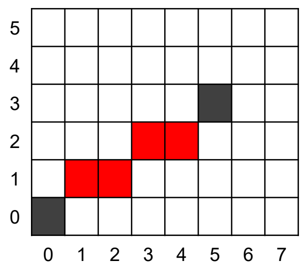
- Deseja-se desenhar uma linha entre os pontos
- Como escolher os pixels a serem pintados?

P1(0,0) P2(5,3)

$m = \frac{3-0}{5-0} = \frac{3}{5} = 0.6 \quad b = 0 - \frac{3}{5} \times 0 = 0$

$y = \frac{3x}{5}$

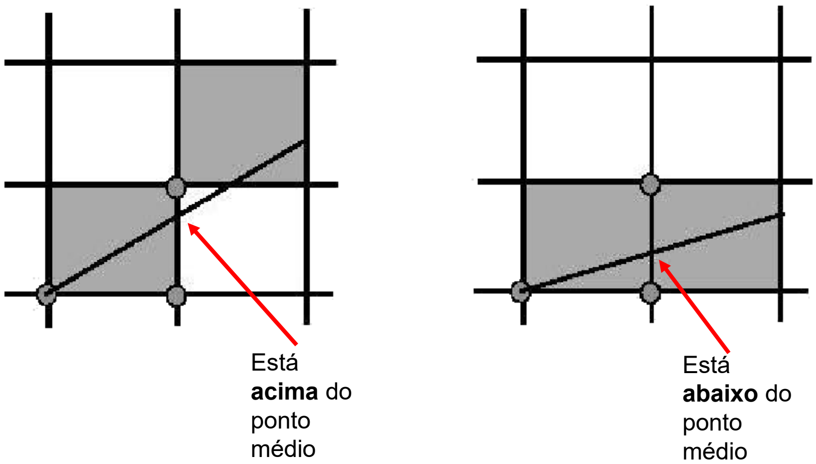
X	Y	Y_{num}	Y_{disc}
0	0	0 $+m$	0
1	${}^{3}/_{5}$	0.6 $+m$	1
2	${}^{6}/_{5}$	1.2 $+m$	1
3	${}^{9}/_{5}$	1.8 $+m$	2
4	${}^{12}/_{5}$	2.4 $+m$	2
5	3	3	3



Algoritmo de Bresenham

- Algoritmo clássico da computação gráfica
- Algoritmo incremental que utiliza apenas soma e subtração de inteiros
- Ideia básica:
  - Em vez de computar o valor do próximo *y* decide se o próximo pixel vai ter coordenadas ($x + 1$, y) ou ($x + 1$, $y + 1$)
  - Decisão requer que se avalie se a linha passa acima ou abaixo do ponto médio ($x + 1$, $y + ½$)

Algoritmo de Bresenham



Problema

- Deseja-se desenhar uma linha entre os pontos
- Como escolher os pixels a serem pintados?

$\mathrm{P1}(0{,}0)\quad \mathrm{P2}(5{,}3)$

$$m = \frac{3-0}{5-0} = \frac{3}{5} = 0.6 \qquad b = 0 - \tfrac{3}{5} \times 0 = 0$$

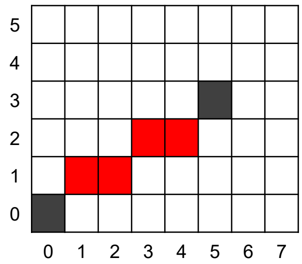
$$y = \tfrac{3x}{5} \qquad e = m - 0.5 = 0.1$$

$\boldsymbol{X}$	$\boldsymbol{e}$	$\boldsymbol{e > 0}$	$\boldsymbol{e}$	$\boldsymbol{Y_{disc}}$
0	-	-	-	0
1	0.1	$e--$ $Y_{disc}++$	-0.9	1
2	-0.3	-	-0.3	1
3	0.3	$e--$ $Y_{disc}++$	-0.7	2
4	-0.1	-	-0.1	2
5	-	-	-	3

$\boldsymbol{e += m}$

$\boldsymbol{e += m}$

$\boldsymbol{e += m}$



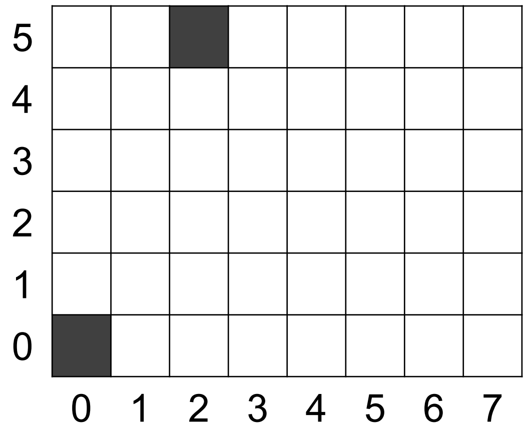
Algoritmo de Bresenham

1. reflexao(p1,p2)
2. x=x1
3. y=y1
4. Δx=x2-x1
5. Δy=y2-y1
6. m= Δy/ Δx
7. e=m-1/2
8. Desenhaponto(x,y)

7. Enquanto x < x2 faça
    1. Se e>= 0 faça
        1. y=y+1
        2. e=e-1
    2. Fim se
    3. x=x+1
    4. e=e+m
    5. Desenhaponto(x,y)
8. FimEnquanto
9. reflexao^{-1}(p[])

Problema do Octante

- E se os pontos forem



Problema do Octante

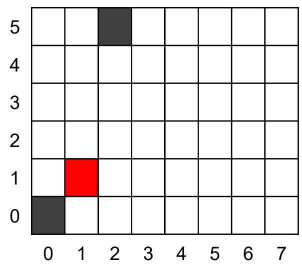
P1(0,0) P2(2,5)

$m = \frac{5-0}{2-0} = \frac{5}{2} = 2.5 \quad b = 0 - 2.5 \times 0 = 0$

$y = 2.5x \quad e = m - 0.5 = 2$

$\boldsymbol{X}$	$\boldsymbol{e}$	$\boldsymbol{e > 0}$	$\boldsymbol{e}$	$\boldsymbol{Y_{disc}}$
0	-	-	-	0
1	2	$e--$ $Y_{disc}++$	1	1
2	–	-	-	5

$\boldsymbol{e \mathrel{+}= m}$



Problema do Octante

- O algoritmo de Bresenham funciona corretamente somente no 1º Octante
  - $\Delta x \geq \Delta y$
  - $\Delta x \geq 0$
  - $\Delta y \geq 0$

Resolvendo o Problema do Octante

- Resolve-se em 3 etapas
  1. Reflete os dois pontos iniciais para o 1º Octante;
  2. Calcula o alg. de Bresenham;
  3. Reflete todos os pontos encontrados no algoritmo de volta para o Octante original.

Resolvendo o Problema do Octante

$reflexao()$:

1. Se $m > 1$ ou $m < -1$
   1. troca x por y
   2. trocaxy ← TRUE
2. Se $x_1 > x_2$
   1. $x_1 \leftarrow -x_1$
   2. $x_2 \leftarrow -x_2$
   3. trocax ← TRUE
3. Se $y_1 > y_2$
   1. $y_1 \leftarrow -y_1$
   2. $y_2 \leftarrow -y_2$
   3. trocay ← TRUE

Resolvendo o Problema do Octante

$reflexao^{-1}()$:

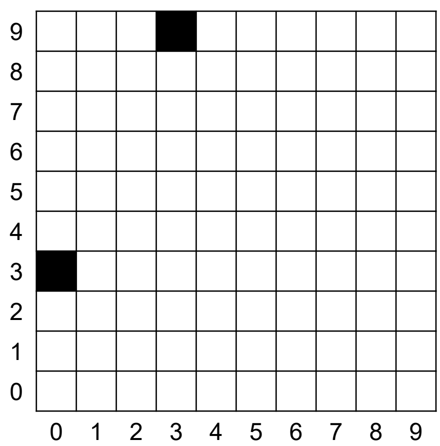
1. Se trocay = TRUE
   1. Para cada ponto gerado
      1. $y_n \leftarrow -y_n$
2. Se trocax = TRUE
   1. Para cada ponto gerado
      1. $x_n \leftarrow -x_n$
3. Se trocaxy = TRUE
   1. Para cada ponto gerado
      1. troca x_n por y_n

Exercício

- Desenhe o segmento de linha entre os pontos seguintes utilizando o alg. de Bresenham
  - $p_1(0,3), \quad p_2(3,9)$

Exercício

- $p_1(0,3)$, $p_2\,(3,9)$
- $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{6}{3} = 2$
- Utilizando a função $reflexao()$
- $m > 1$ então
  - Deve-se aplicar reflexão (troca x por y)
  - $p_1'(3,0)\ e\ p_2'(9,3)$

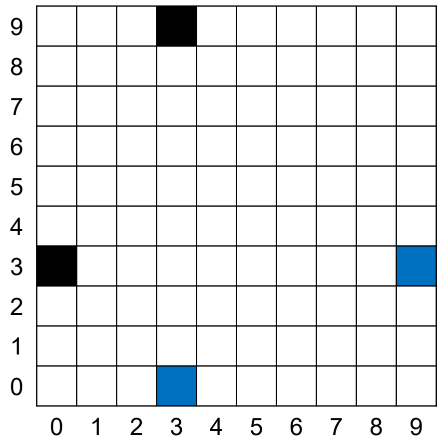


Exercício

- $p_1'(3,0), \quad p_2'(9,3)$
- Aplica-se o alg. de Bresenham

$$m' = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{3-0}{9-3} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$e = m - 0.5 = 0$$

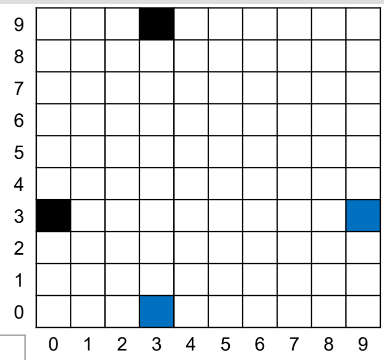


Exercício

- $p_1'(3,0), \quad p_2'(9,3)$
- Aplica-se o alg. de Bresenham

$$m' = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{3-0}{9-3} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$e = m - 0.5 = 0$$



$\boldsymbol{X}$	$\boldsymbol{e}$	$\boldsymbol{e > 0}$	$\boldsymbol{e}$	$\boldsymbol{Y_{disc}}$
3	-	-	-	0
4	0	-	0	0
5	0.5	$e--$ $Y_{disc}++$	-0.5	1

$\boldsymbol{e \mathrel{+}= m}$

⋮

Exercício

$$m' = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{3-0}{9-3} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$e = m - 0.5 = 0$$

X	e	$e > 0$	e	Y_{disc}
3	-	-	-	0
4	0	-	0	0
5	0.5	$e--$ $Y_{disc}++$	-0.5	1
6	0	-	0	1
7	0.5	$e--$ $Y_{disc}++$	-0.5	2
8	0	-	0	2
9	-	-	-	3

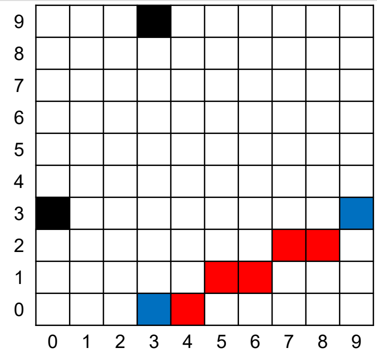
$e += m$

$e += m$

$e += m$

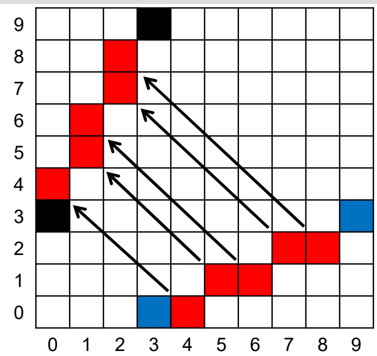
$e += m$

$e += m$



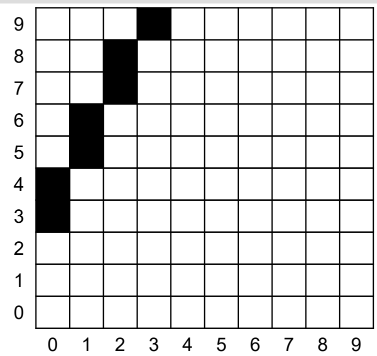
Exercício

- Deve-se refletir os pontos encontrados para a posição desejada
- Utilizando a função $reflexao^{-1}()$
- Troca-se x por y de cada ponto encontrado



Exercício

- Descarta-se os valores antigos e desenha-se os pontos refletidos.



Polilinhas

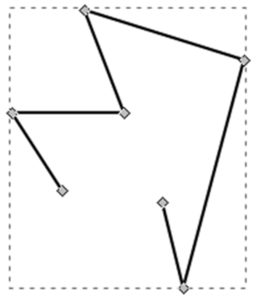
- Linhas retas são a base para uma grande variedade de figuras, que são compostas por segmentos de retas.

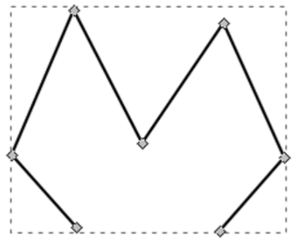
- Podem-se citar polígonos, caracteres, figuras geométricas complexas, etc.

- A polilinha é um conjunto de segmentos de retas sequenciais no qual o fim de um segmento é o início do segmento seguinte.

Polilinhas

- Ou seja, é um conjunto de segmentos de retas, cujas as extremidades coincidem
- Polilinha tem as seguintes propriedades:
  - É composta de n segmentos de reta, sendo $n \geq 1$
  - É definida por $n + 1$ pontos





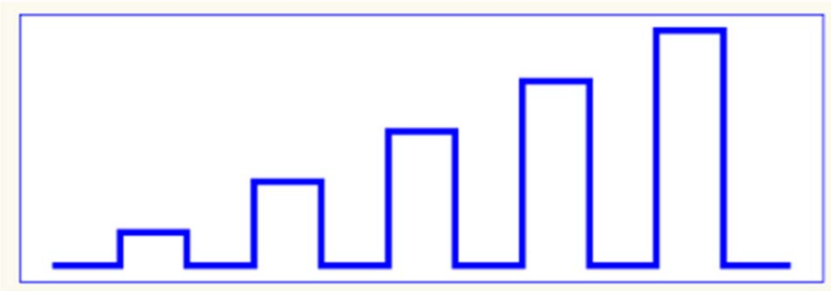
Exemplo prático

- O SVG utiliza o conceito de polilinha. Por exemplo, o seguinte código

```
<polyline fill="none" stroke="blue" stroke-width="10"
          points="50,375
                  150,375 150,325 250,325 250,375
                  350,375 350,250 450,250 450,375
                  550,375 550,175 650,175 650,375
                  750,375 750,100 850,100 850,375
                  950,375 950,25 1050,25 1050,375
                  1150,375" />
```

Exemplo prático

- Produz o seguinte desenho



Exercício de Fixação

- Desenhe um Hexágono
  - Desvende os pontos do hexágono pretendido
    - Dica: Use valores acima de 3
  - Converta para valores discretos e utilize o algoritmo de Bresenham