INF01047
Recorte 2D

UFRGS

Motivação

- Nossos dispositivos de saída são limitados
- Nossa visão humana é limitada (não vemos através de paredes ☺)
- No processo de síntese de imagens em CG, aparece a necessidade de *definir regiões de interesse*

Problema

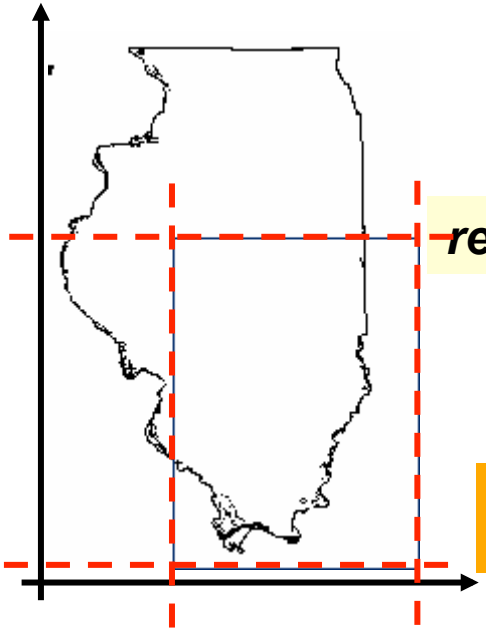
- Dada uma coleção de objetos numa cena, representados de alguma forma conveniente:

  1) definiremos uma região de interesse (usualmente retangular, mas não necessariamente)

  2) apenas os objetos (ou partes deles) dentro da região de interesse serão exibidos

UFRGS

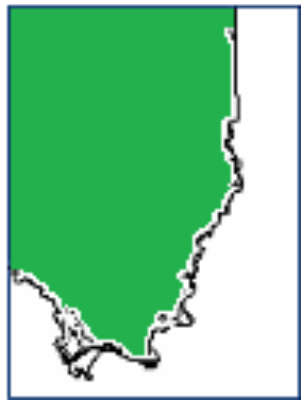
Removendo elementos fora da região



região de interesse

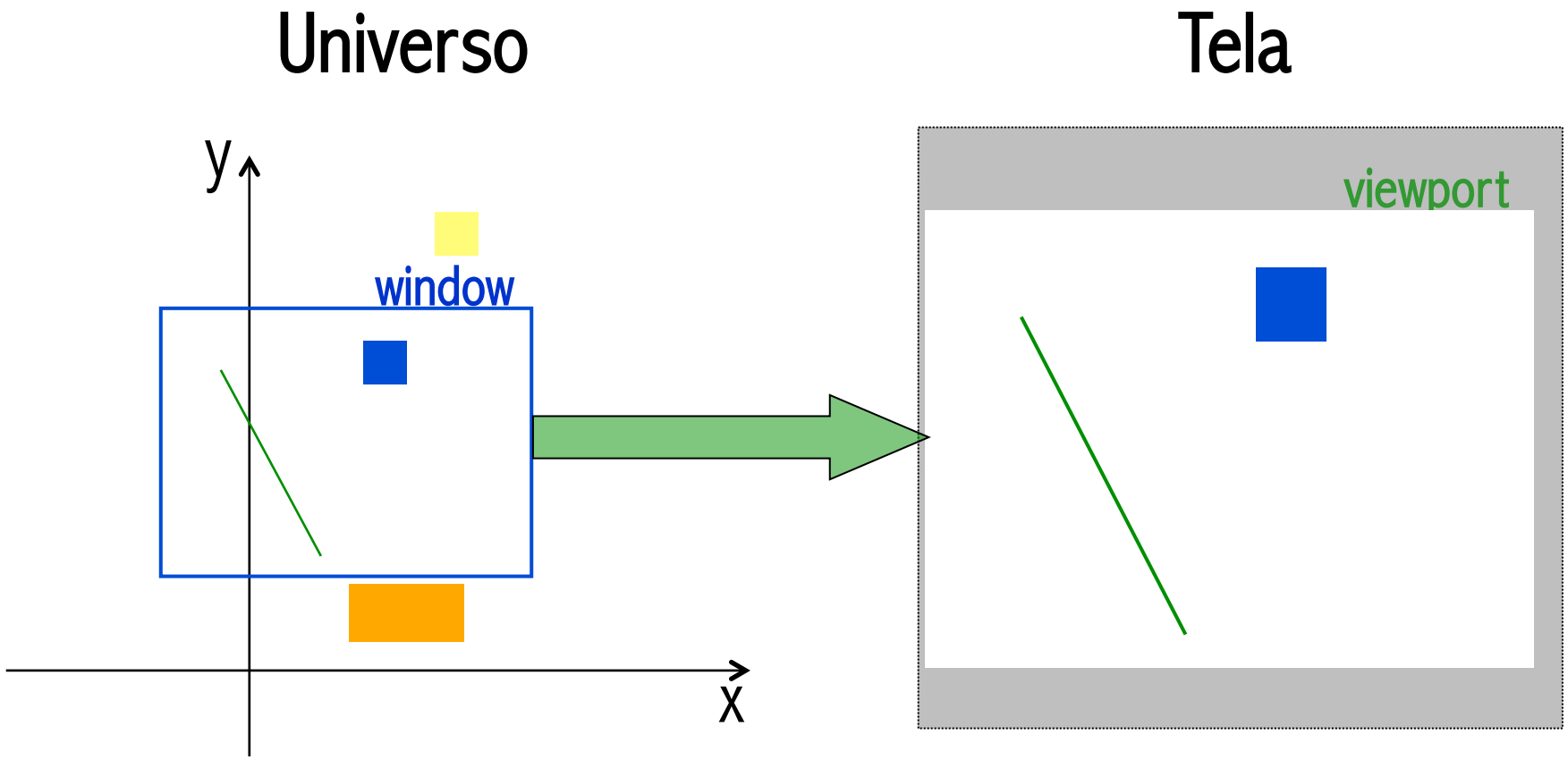
Recorte

imagem

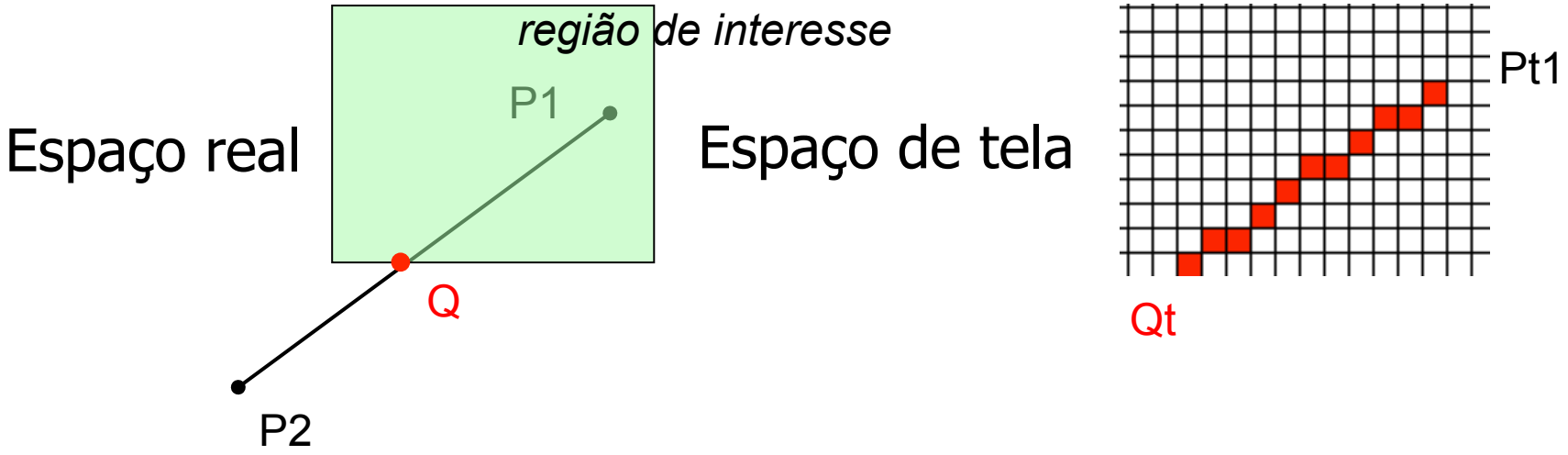


região na tela

Relação entre recorte e rasterização



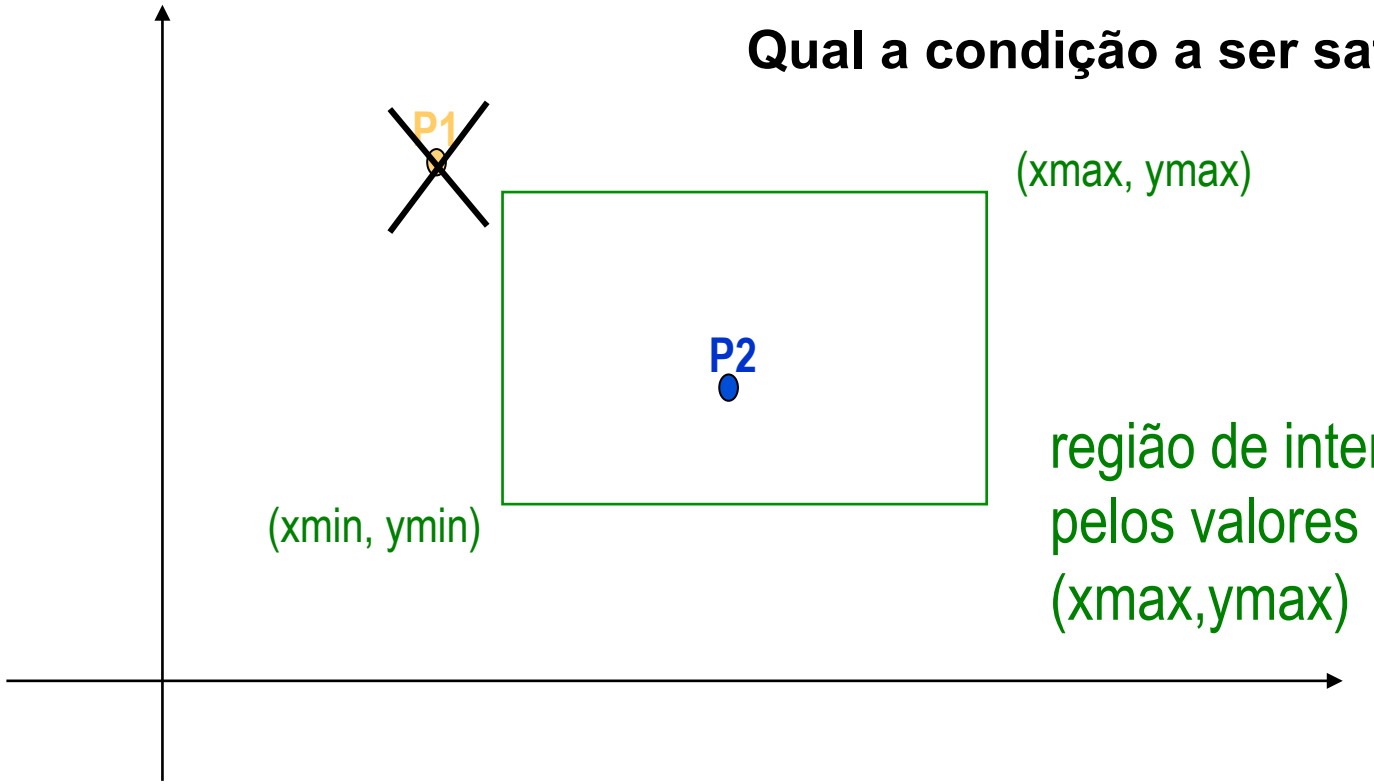
Recorte



- Algoritmos de recorte permitem eliminar elementos geométricos inteiros ou partes deles
  - Recorte de pontos
  - Recorte de objetos
  - Recorte de linhas

UFRGS

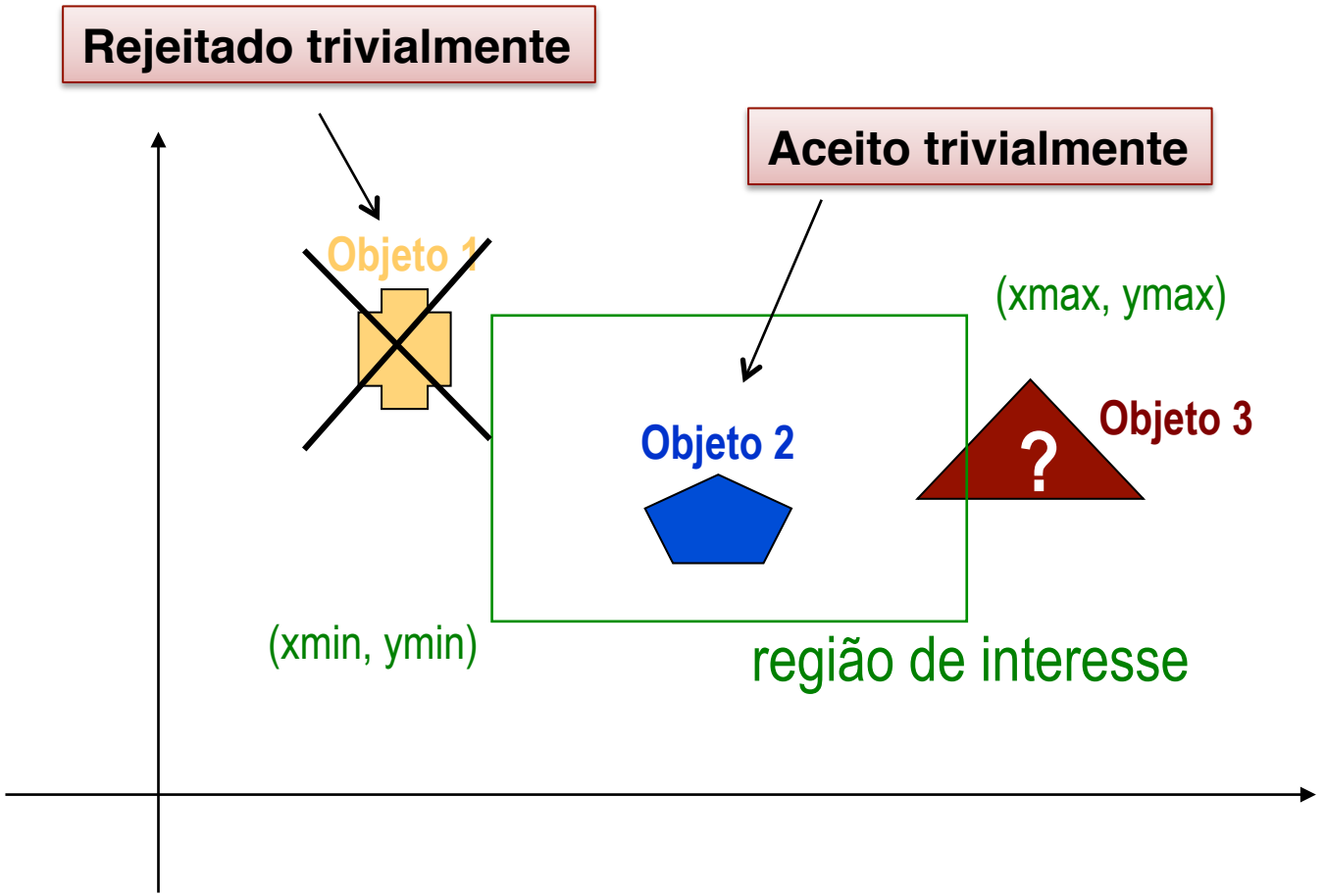
Recorte de pontos




```
if x >= xmin and x <= xmax and y >= ymin and y <= ymax
    Ponto DENTRO, desenha
else
    Ponto FORA, rejeita
```

UFRGS

Recorte de objetos

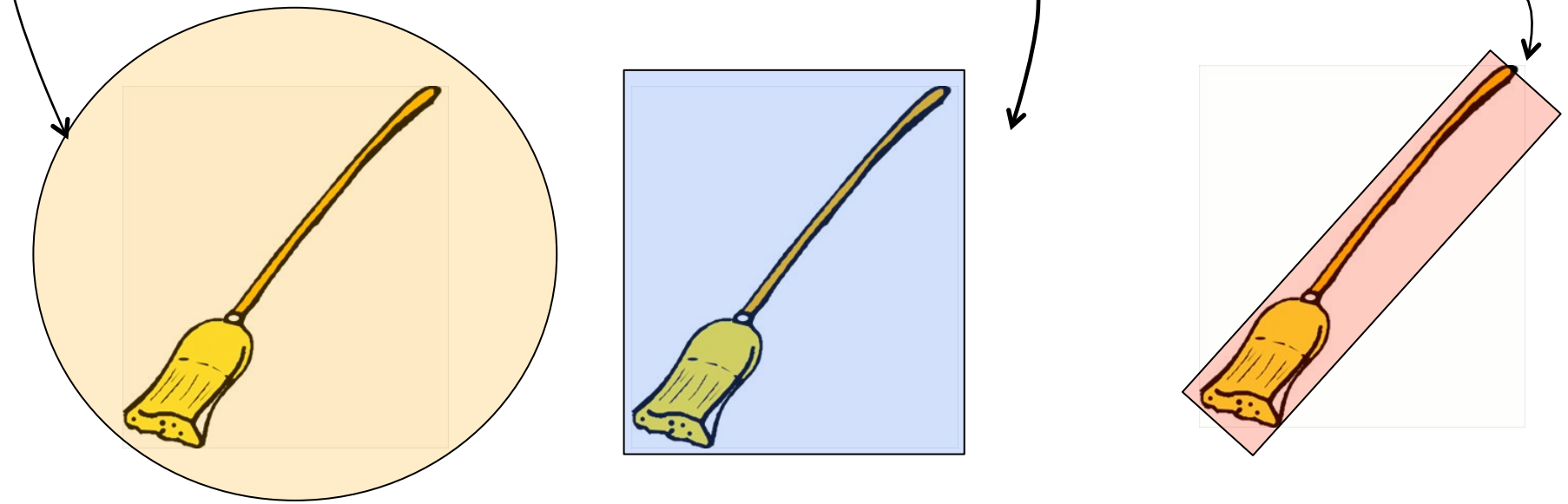


Recorte de objetos: algoritmo

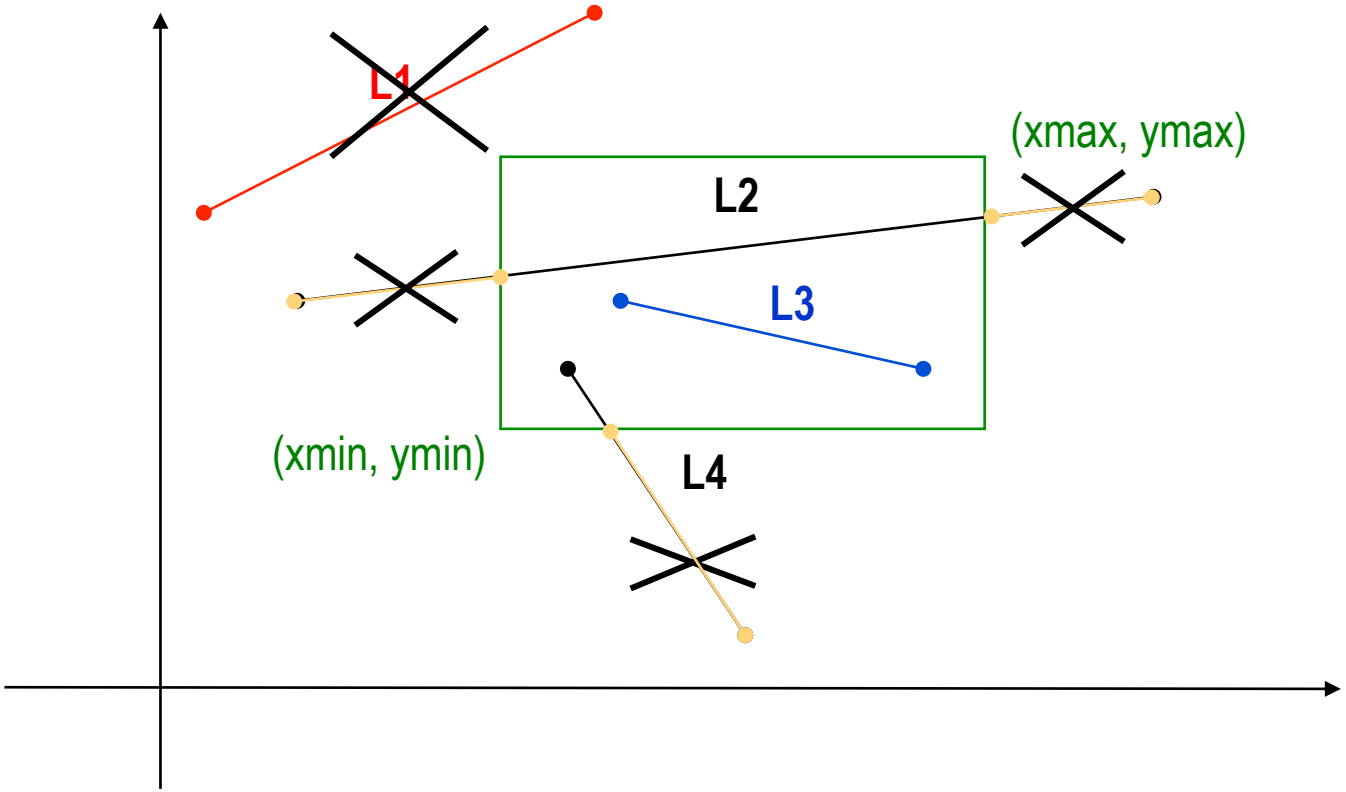
- Determina ENVELOPE do objeto
  - (Oxmin, Oymin) –> (Oxmax, Oymax)
- Se envelope DENTRO
  - Desenha objeto
- Se envelope FORA
  - Descarta objeto
- Se envelope intercepta região de interesse
  - Recorta polígono

Envelope de objetos

- "Bounding volumes"
  - Bounding spheres
  - AABB: axis-aligned bounding box
  - OBB: object-aligned bounding box



Recorte de linhas (idéia)



Recorte de linhas: algoritmo?

if P1 = DENTRO *and* P2 = DENTRO

- Desenha linha P1 → P2

Linha L3

If P1 = DENTRO *and* P2 = FORA *or*
P1 = FORA *and* P2 = DENTRO

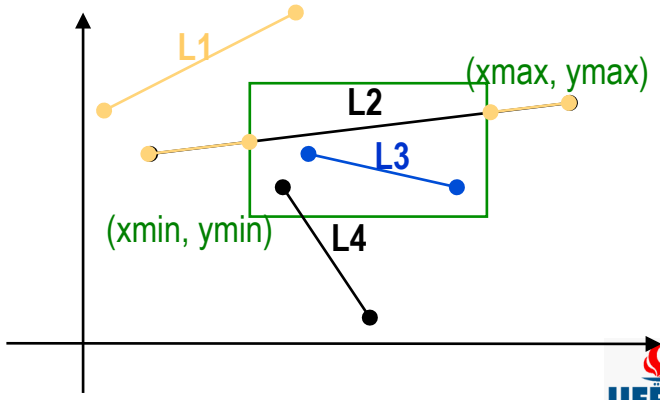
Linha L4

- Acha interseção da linha com a região de interesse (qual a borda?)
- Redefine P2 (ou P1)
- Desenha linha P1 → P2 (ou P2 → P1)

if P1 = FORA *and* P2 = FORA

???

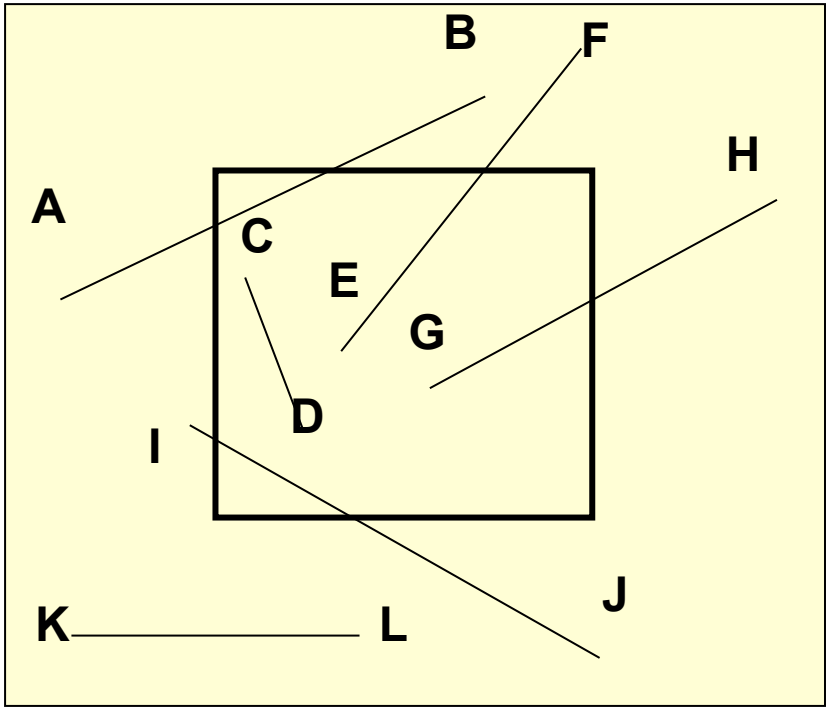
Linhas L1 e L2

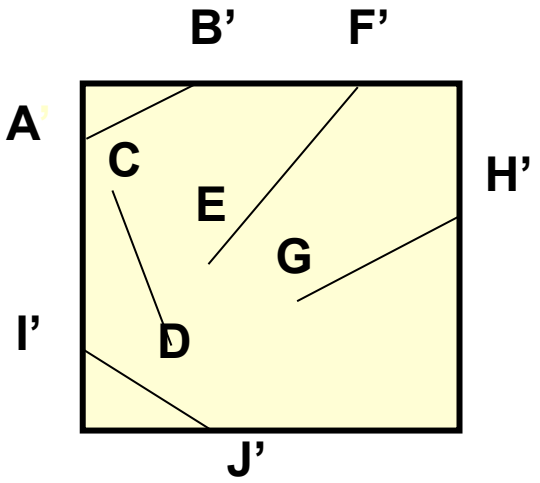


UFRGS

Algoritmos de recorte

Recorte de linhas

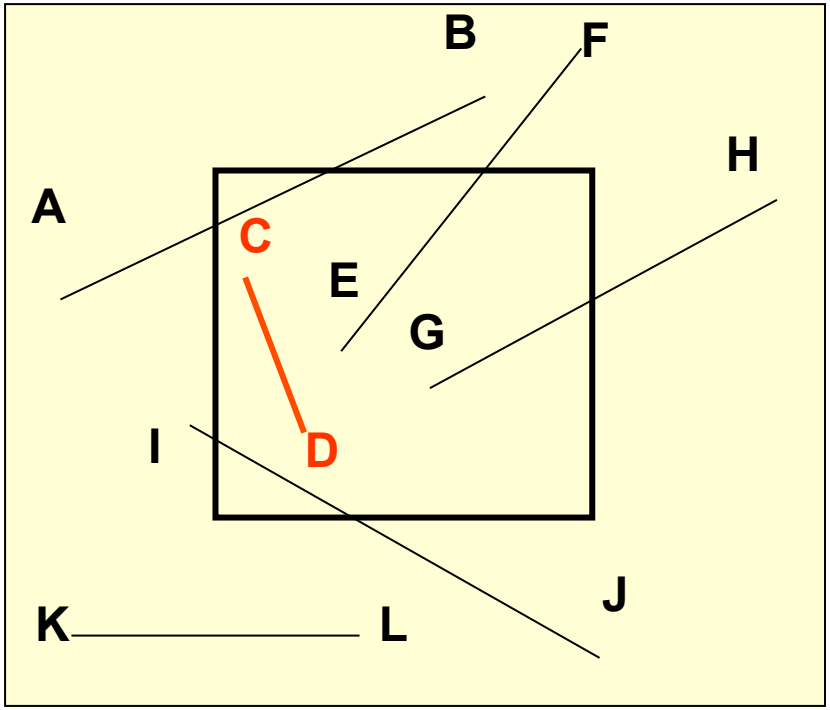




Resultado desejado

Algoritmos de recorte

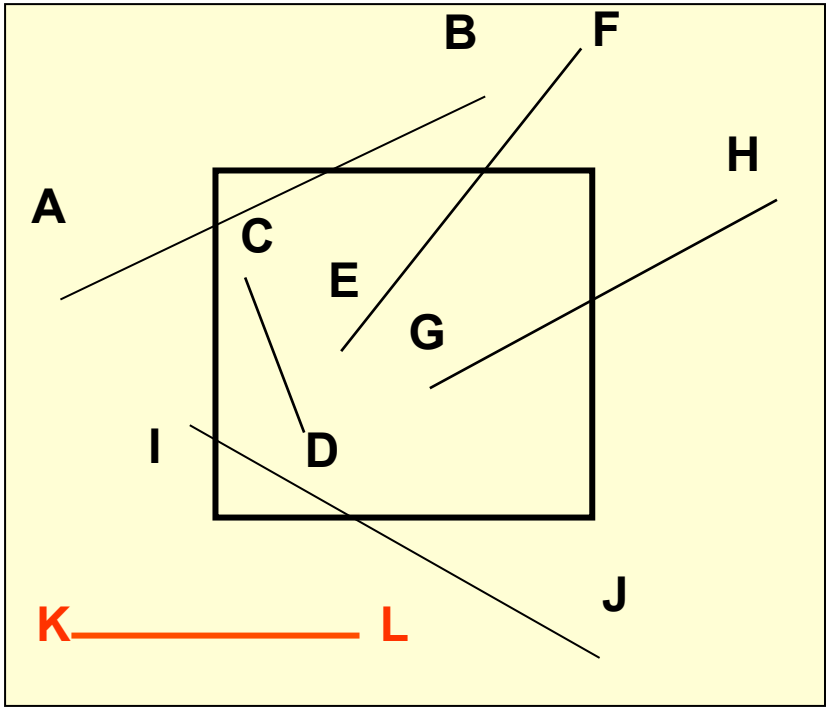
Recorte de linhas: *Trivialmente aceito*



Pontos estão dentro da região de interesse

Algoritmos de recorte

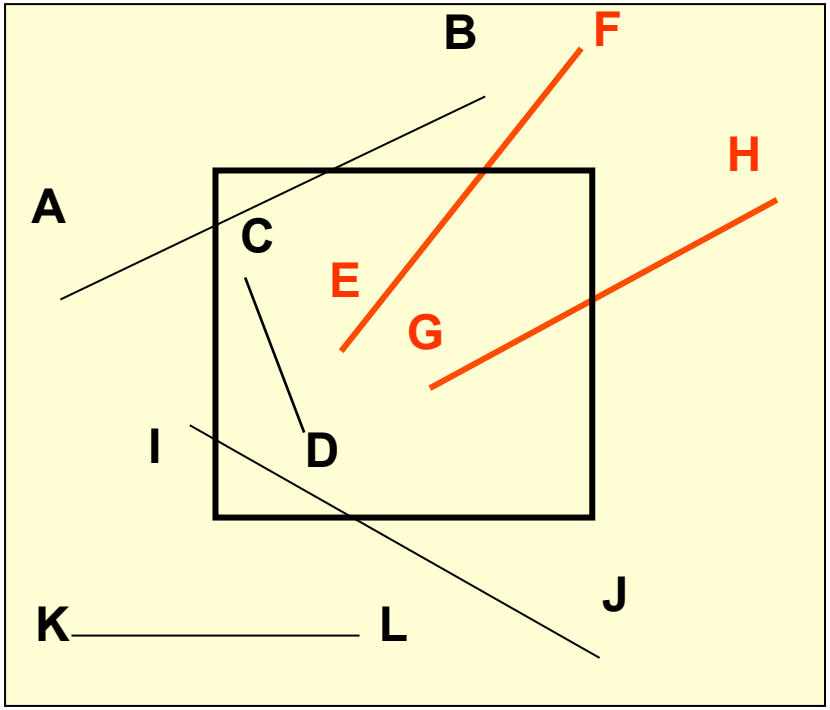
Recorte de linhas: *Trivialmente recusado*



Os dois pontos estão fora do retângulo e linha não cruza região de interesse

Algoritmos de recorte

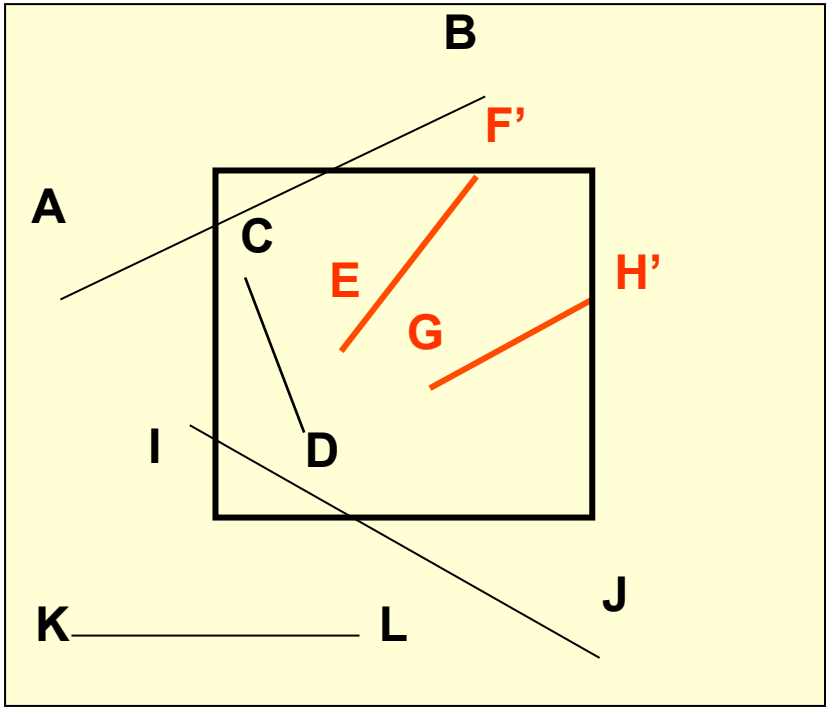
Recorte de linhas: *Cálculos de recorte*



Um dos pontos da linha está fora e outro está dentro da região de interesse

Algoritmos de recorte

Recorte de linhas: *Cálculos de recorte*

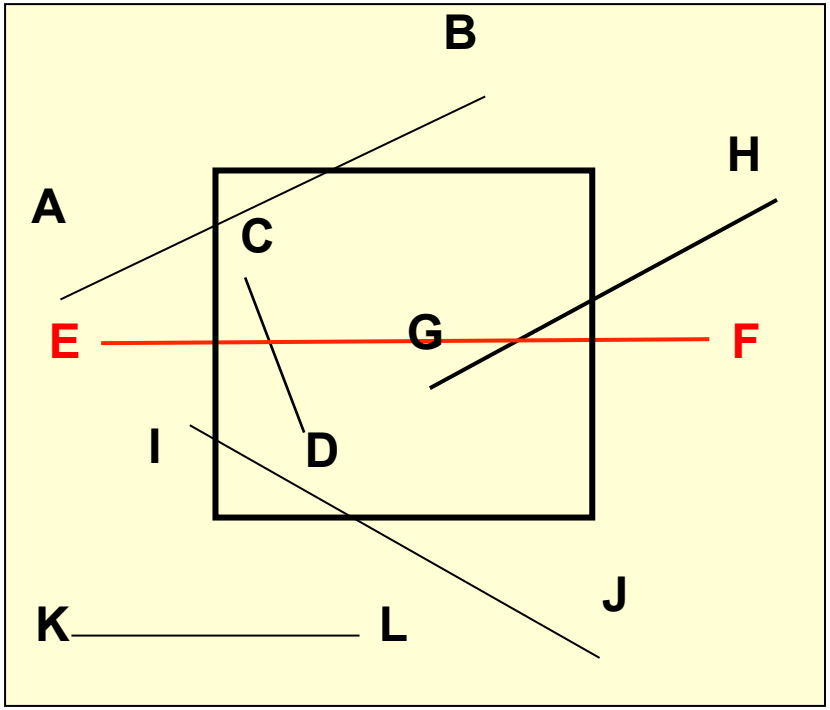


Um dos pontos da linha está fora e outro está dentro da região de interesse

Linha deve ser recortada

Algoritmos de recorte

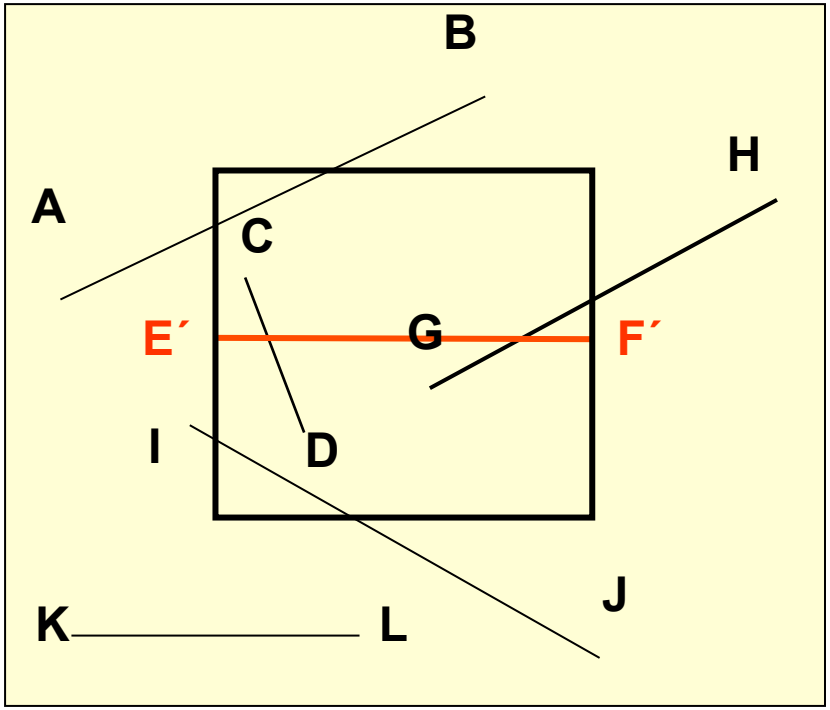
Recorte de linhas: *Cálculos de recorte*



Os dois pontos estão fora, mas linha cruza região de interesse

Algoritmos de recorte

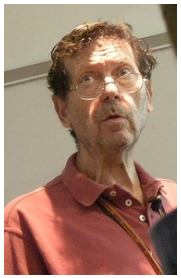
Recorte de linhas: *Cálculos de recorte*

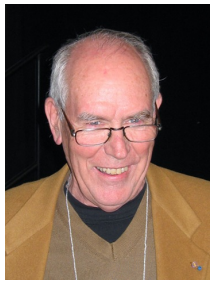


Os dois pontos estão fora, mas linha cruza região de interesse

Linha deve ser recortada

Algoritmo de Cohen e Sutherland (1967)



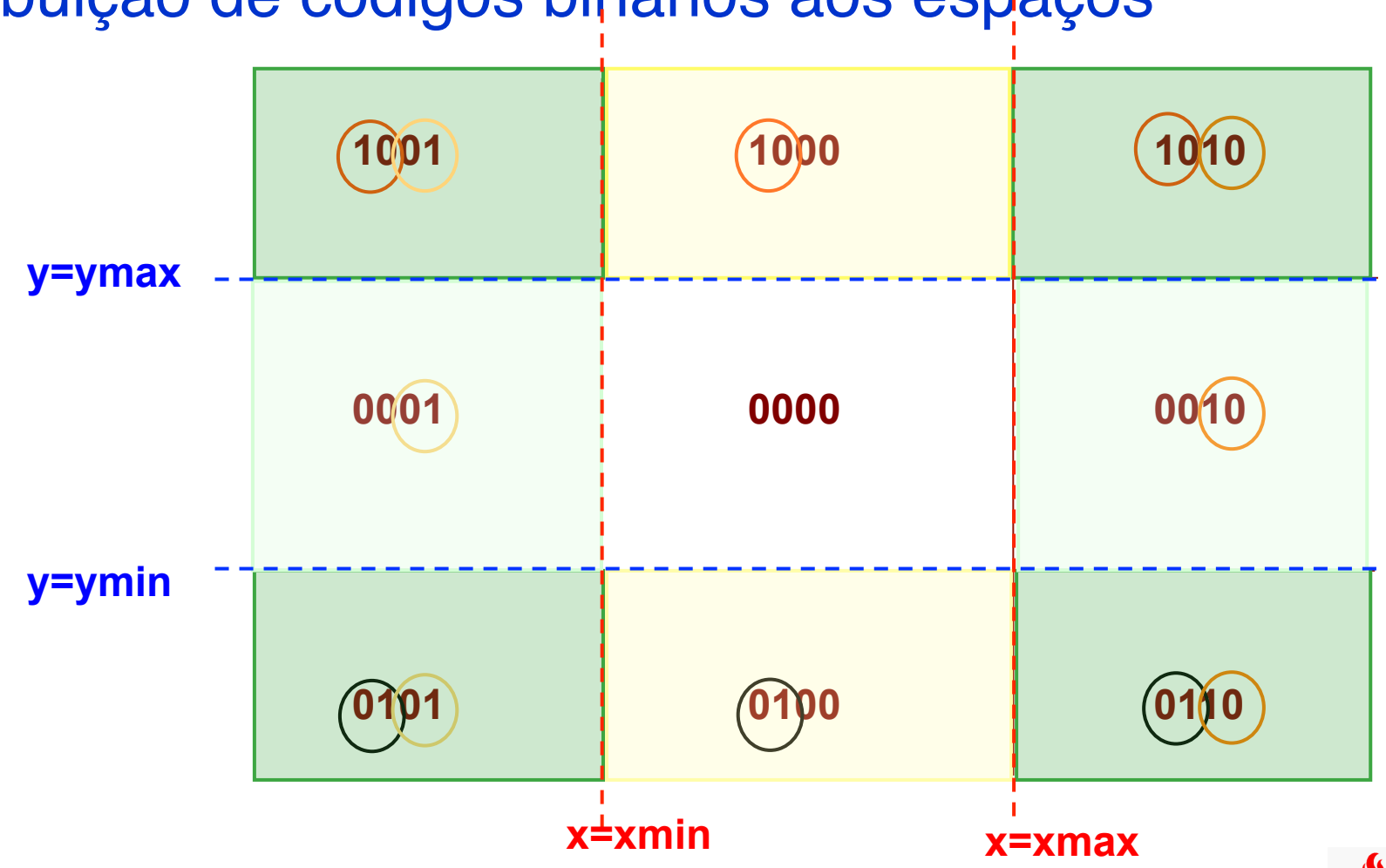


- Objetivos
  - Recorte de Linhas
  - Maneira eficiente de determinar os diferentes casos
  - Permitir a rejeição mais rápida de linhas totalmente fora da região de interesse
  - Facilitar a identificação da borda da região de interesse contra a qual se deve recortar a linha

UFRGS

Algoritmo de Cohen-Sutherland

- Divide a região em 9 subespaços
- Atribuição de códigos binários aos espaços

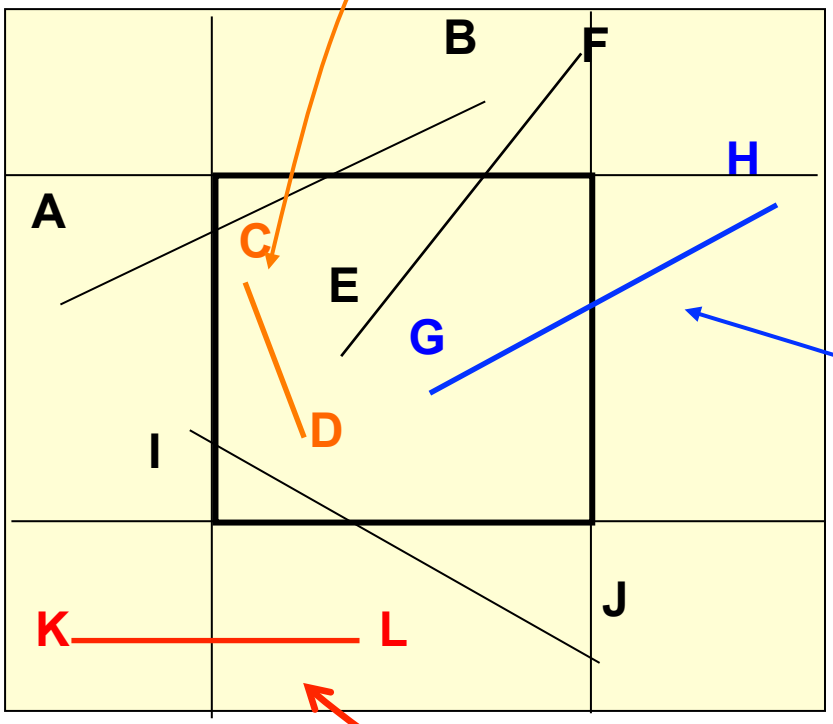


Cohen-Sutherland - Outcodes

If y > ymax ➔ seta primeiro bit em 1
If y < ymin ➔ seta segundo bit em 1
If x > xmax ➔ seta terceiro bit em 1
If x < xmin ➔ seta quarto bit em 1

UFRGS

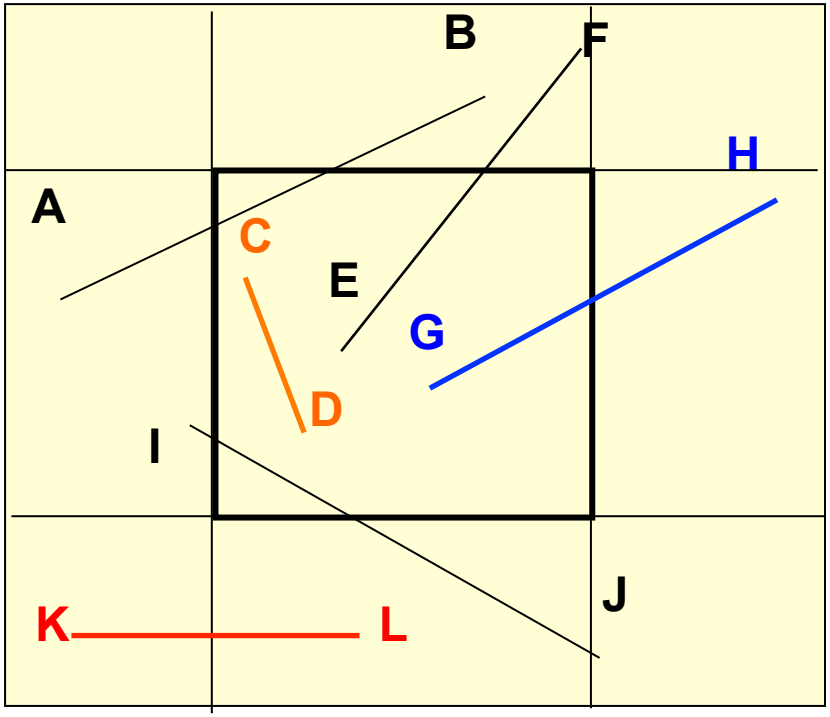
Cohen-Sutherland - Usando os outcodes



- Como devem ser os outcodes dos pontos trivialmente aceitos?
- Dos pontos trivialmente recusados?
- O que fazer com os que não são nem aceitos nem recusados?

UFRGS

Cohen-Sutherland - Usando os outcodes



- **Como devem ser os outcodes dos pontos trivialmente aceitos?**

0000

- **Dos pontos trivialmente recusados?**

AND bitwise diferente de 0!

- **O que fazer com os que não são nem aceitos nem recusados?**

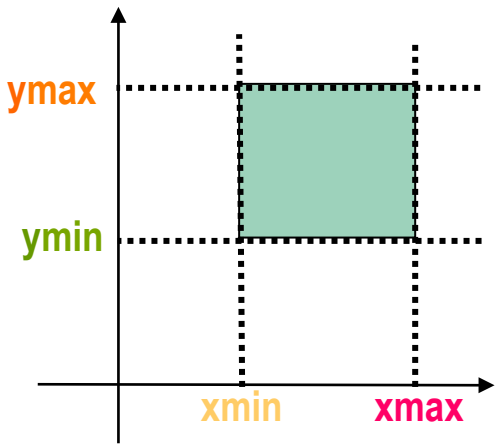
Recorte por segmentos

UFRGS

Passos

1. Determina código de região para extremidades da linha
2. Analisa o código
3. Caso a linha precise ser recortada, divide em segmentos pelo limite da janela
4. Recorte iterativo até que a linha passe o teste de trivialmente aceita ou trivialmente rejeitada

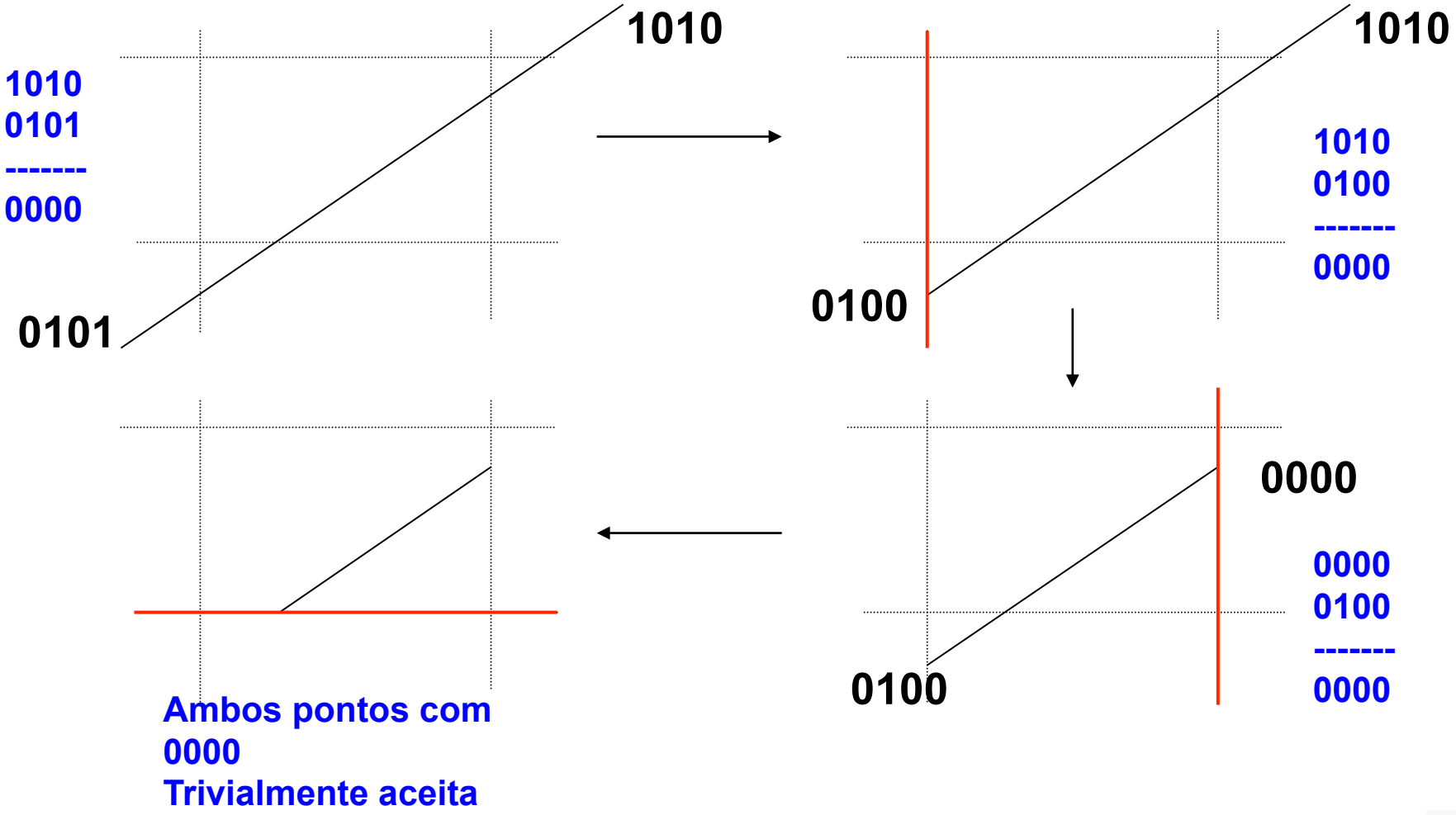
Abaixo: **x1xx**
y=ymin
Acima: **1xxx**
y=ymax
À direita: **xx1x**
x=xmax
À esquerda: **xxx1**
x=xmin



UFRGS

Cohen-Sutherland

- Exemplo (ordem arestas arbitrária xmin,xmax,ymin,ymax)



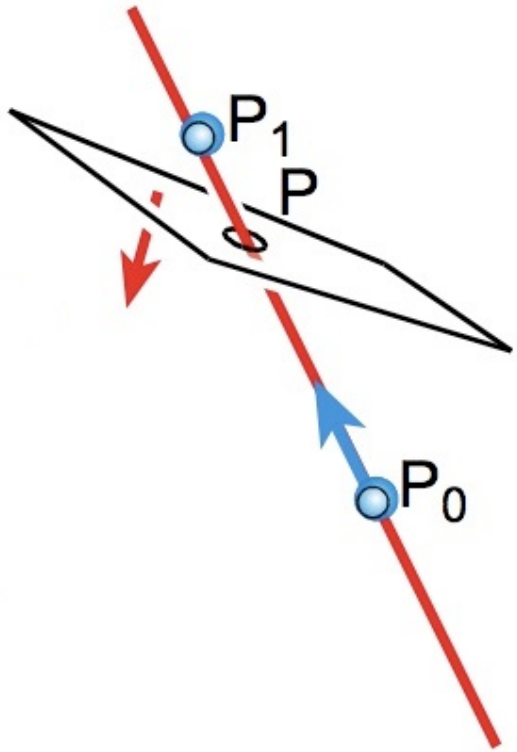
Applet exemplo

http://www.cs.princeton.edu/~min/cs426/jar/clip.html

Applet exemplificando o algoritmo

Calculando as intersecções

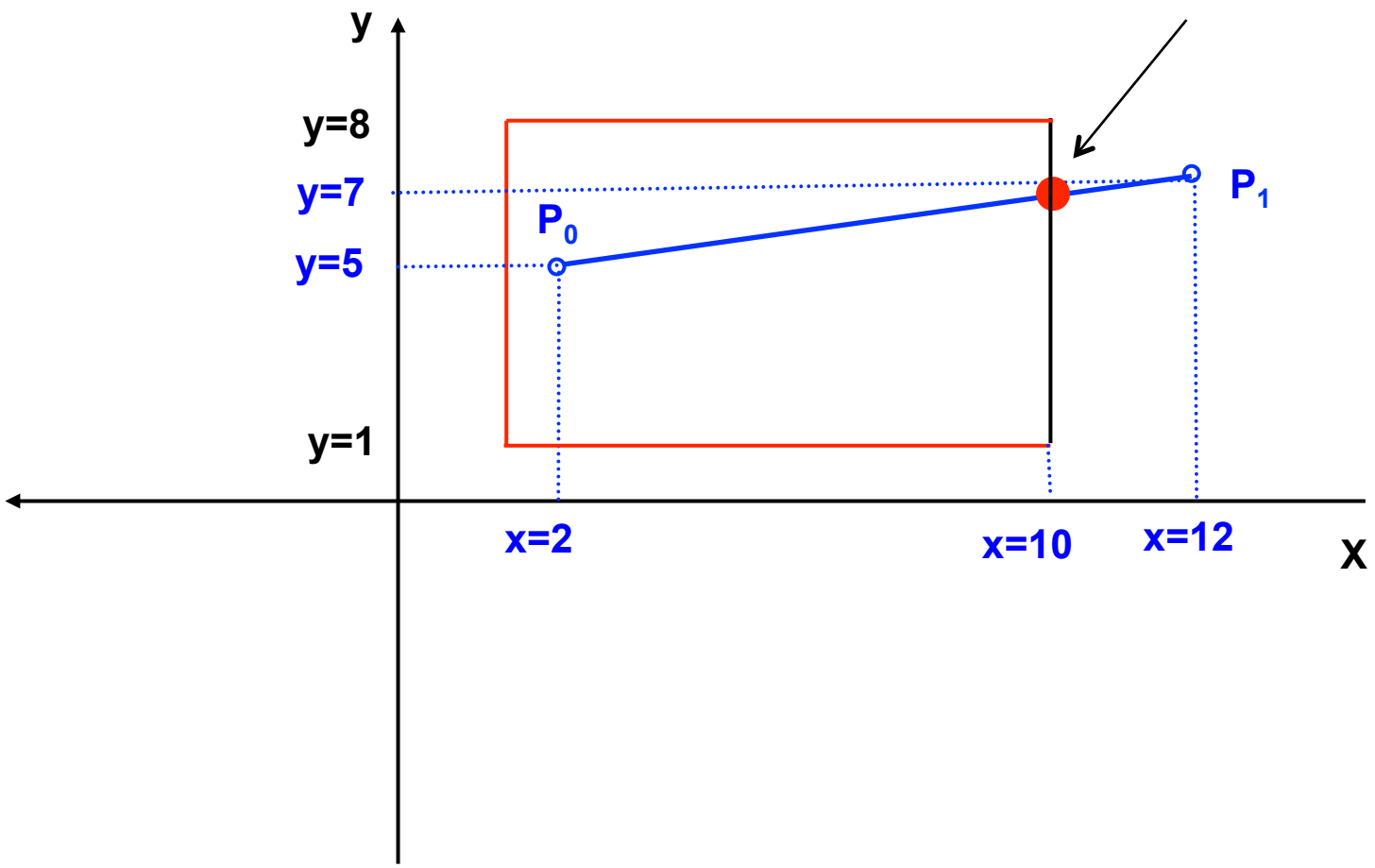
- Utilizamos a representação paramétrica de uma reta que passa por 2 pontos P0 e P1
- $L(t) = (1 - t)P0 + tP1$
- O ponto de recorte deve satisfazer a equação das duas retas: a reta sendo recortada e a reta que define a região de interesse



UFRGS

Exemplo

Qual o ponto de intersecção entre o segmento de reta dado por P_0P_1 e a aresta dada por x=10?



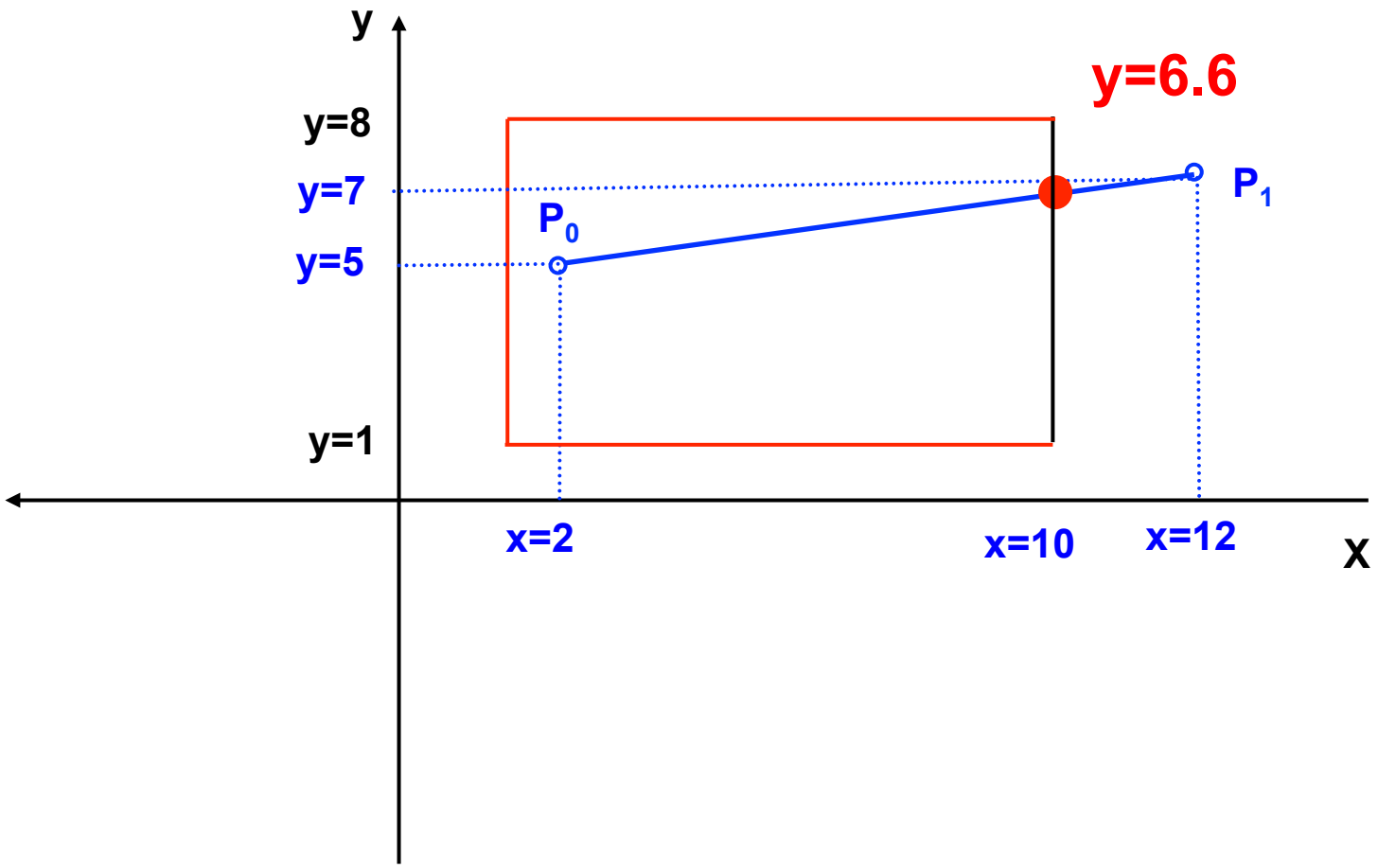
- Eq paramétrica da reta
  - L(t) = (1 - t) P0 + t P1
  - Ly(t) = 5(1 – t) + 7t
  - Ly(t) = 5 + 2t
- Eq para y da aresta xmax=10
  - Ay(t) = 1(1-t) + 8t
  - Ay(t) = 1 +7t

- O ponto de intersecção satisfaz as 2 eqs:
  - 5+2t=1+7t
  - 5-1+2t-7t=0
  - 4-5t=0
  - t=4/5
- Substituindo em qq equação
  - 5 + 2*4/5
  - 5 + 8/5
  - 33/5
  - 6.6

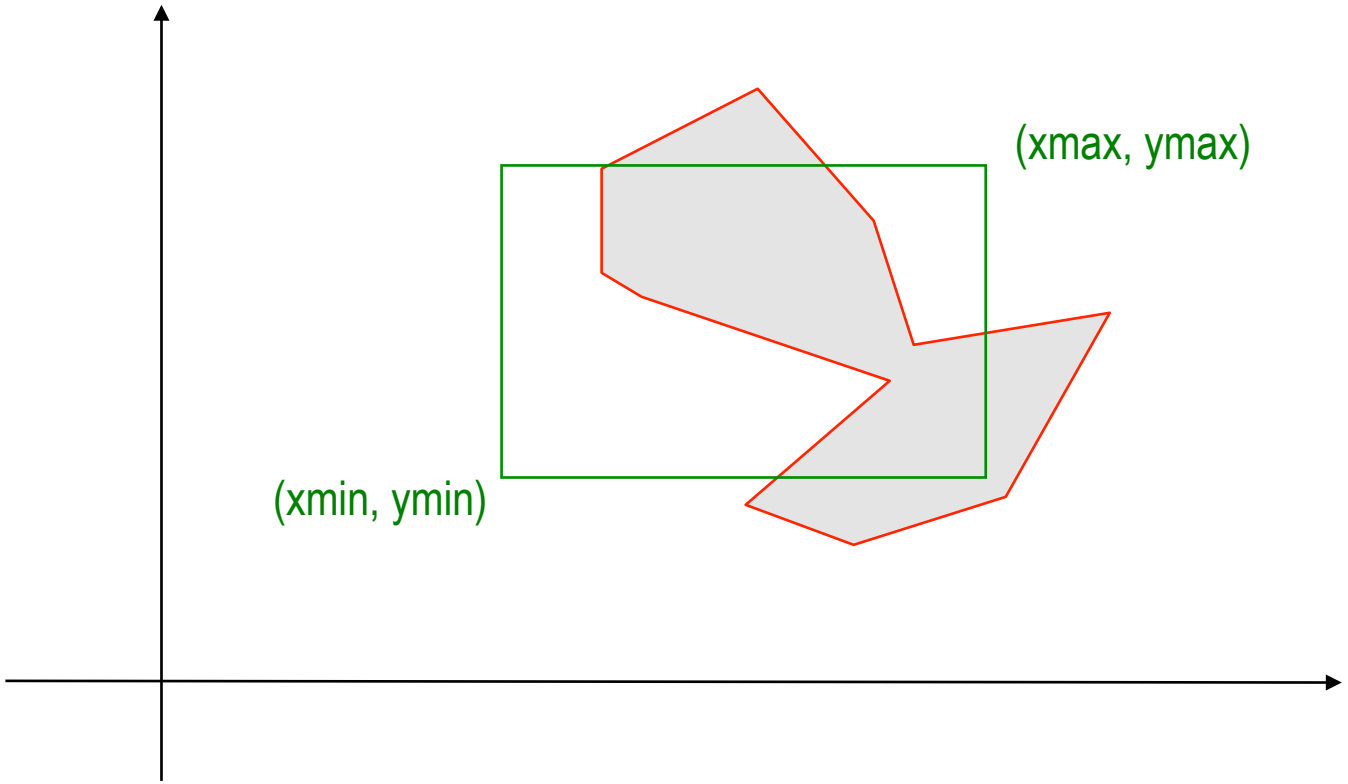
UFRGS

Exemplo

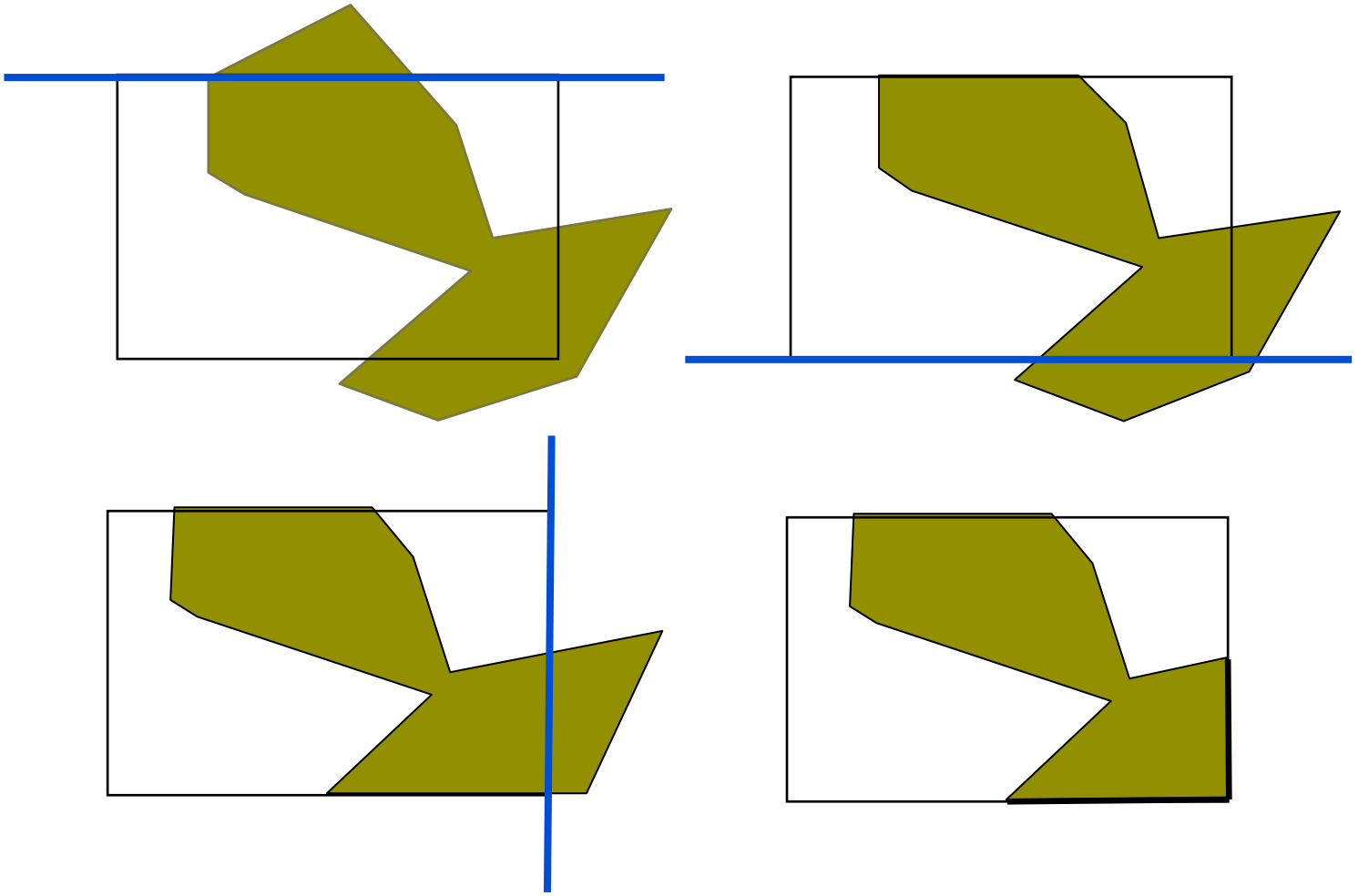
Qual o ponto de intersecção entre o segmento de reta dado por P_0P_1 e a aresta dada por x=10?



Recorte de polígono: algoritmo?

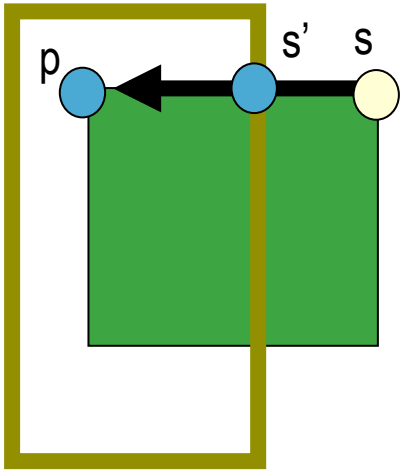


Sutherland-Hodgman (1974)



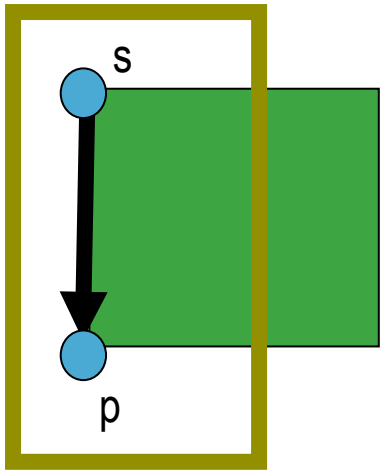
Sutherland-Hodgman

1 out->in



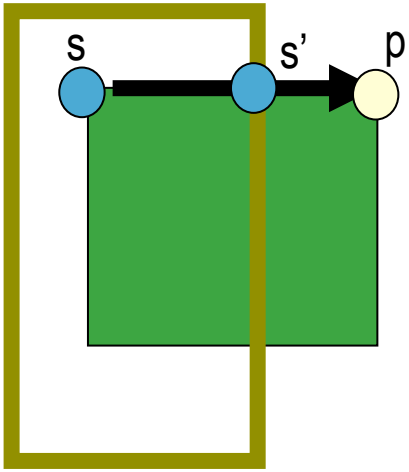
Armazena s´, p

2 in->in



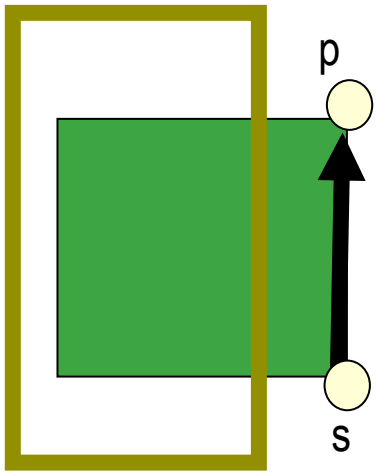
Armazena p

3 in->out



Armazena s´

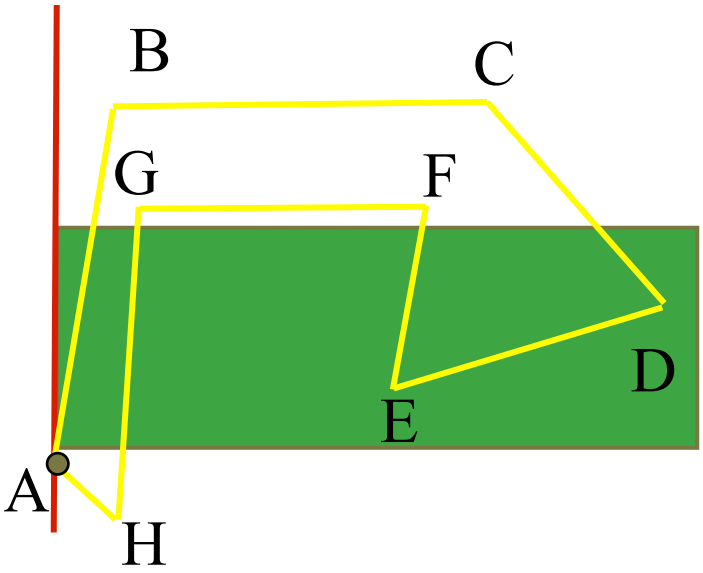
4 out->out



Não armazena nada

Para cada borda,
4 casos possíveis:

Sutherland- Hodgman



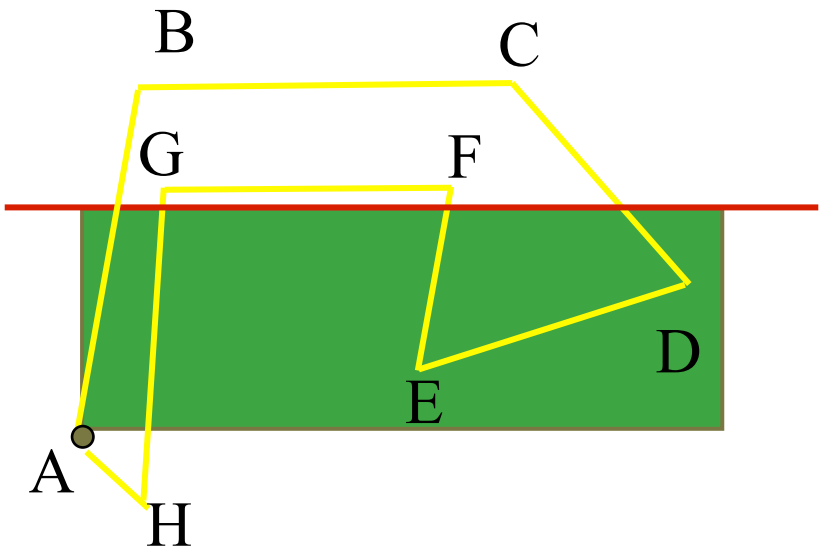
Recorte contra a borda esquerda

Lista inicial de vértices
A,B,C,D,E,F,G,H

Considerando que todos estão dentro (caso 2) a lista permanece a mesma

Lista de vértices
A,B,C,D,E,F,G,H

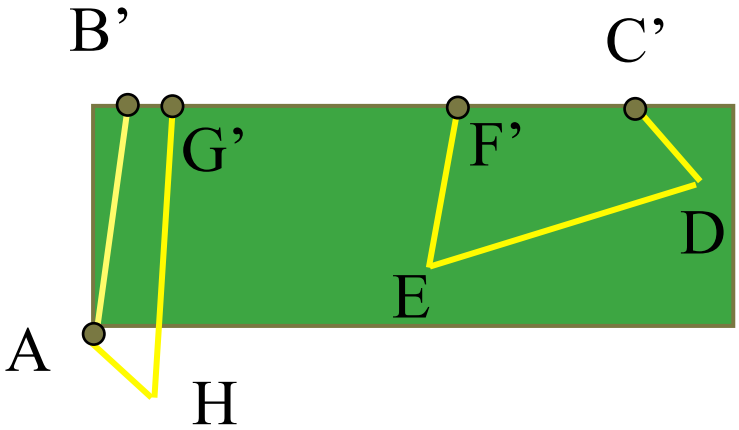
Sutherland- Hodgman



Recorte contra a borda superior

Lista de vértices
A,B,C,D,E,F,G,H

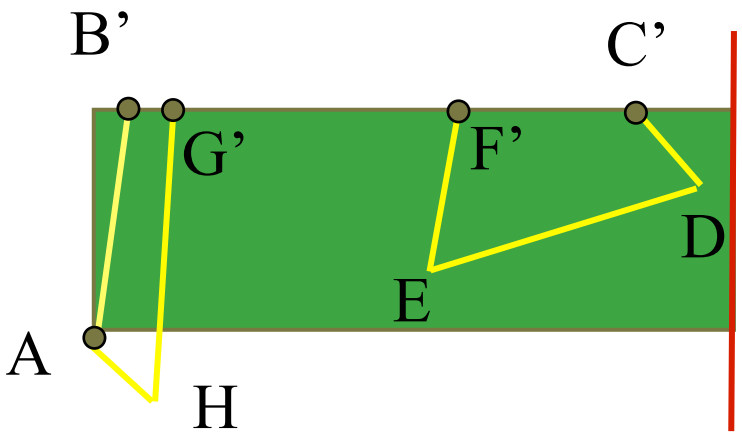
AB->B' (caso 3)
BC->nenhum (caso 4)
CD->C'D (caso 1)
DE->E (caso 2)
EF->F' (caso 3)
FG-> nenhum (caso 4)
GH->G'H (caso 1)
HA->A (caso 2)



Nova Lista de vértices
A,B',C',D,E,F',G',H

UFRGS

Sutherland- Hodgman



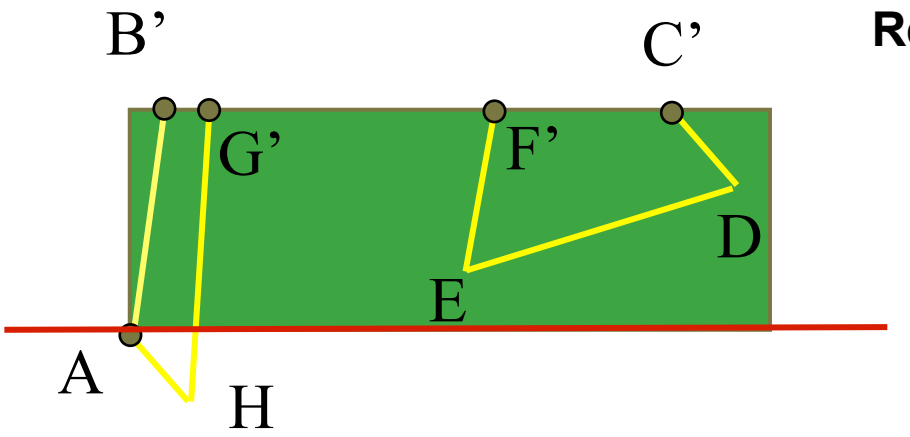
Recorte contra a borda direita

Lista de vértices
A,B’,C’,D,E,F’,G’,H

AB’->B’ (caso 2)
B’C’->C’ (caso 2)
C’D->D (caso 2)
DE->E (caso 2)
EF’->F’ (caso 2)
F’G’-> G’ (caso 2)
G’H->H (caso 2)
HA->A (caso 2)

Lista de vértices permanece a mesma

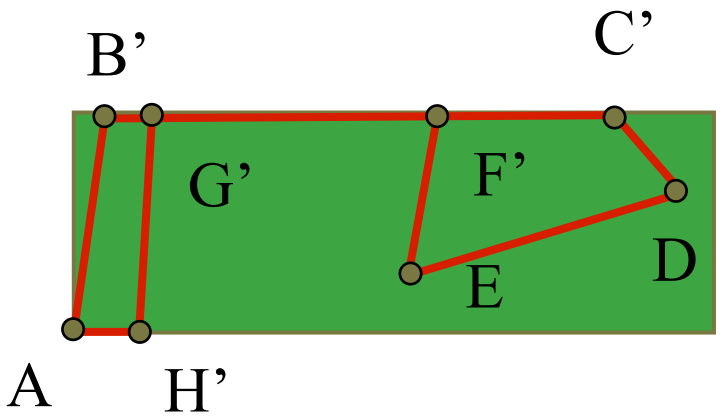
Sutherland- Hodgman



Recorte contra a borda inferior

Lista de vértices
A,B’,C’,D,E,F’,G’,H

AB’->B’ (caso 2)
B’C’->C’ (caso 2)
C’D->D (caso 2)
DE->E (caso 2)
EF’->F’ (caso 2)
F’G’-> G’ (caso 2)
G’H->H’ (caso 3)
HA->H’A (caso 1)



Lista final de vértices
A,B’,C’,D,E,F’,G’,H’

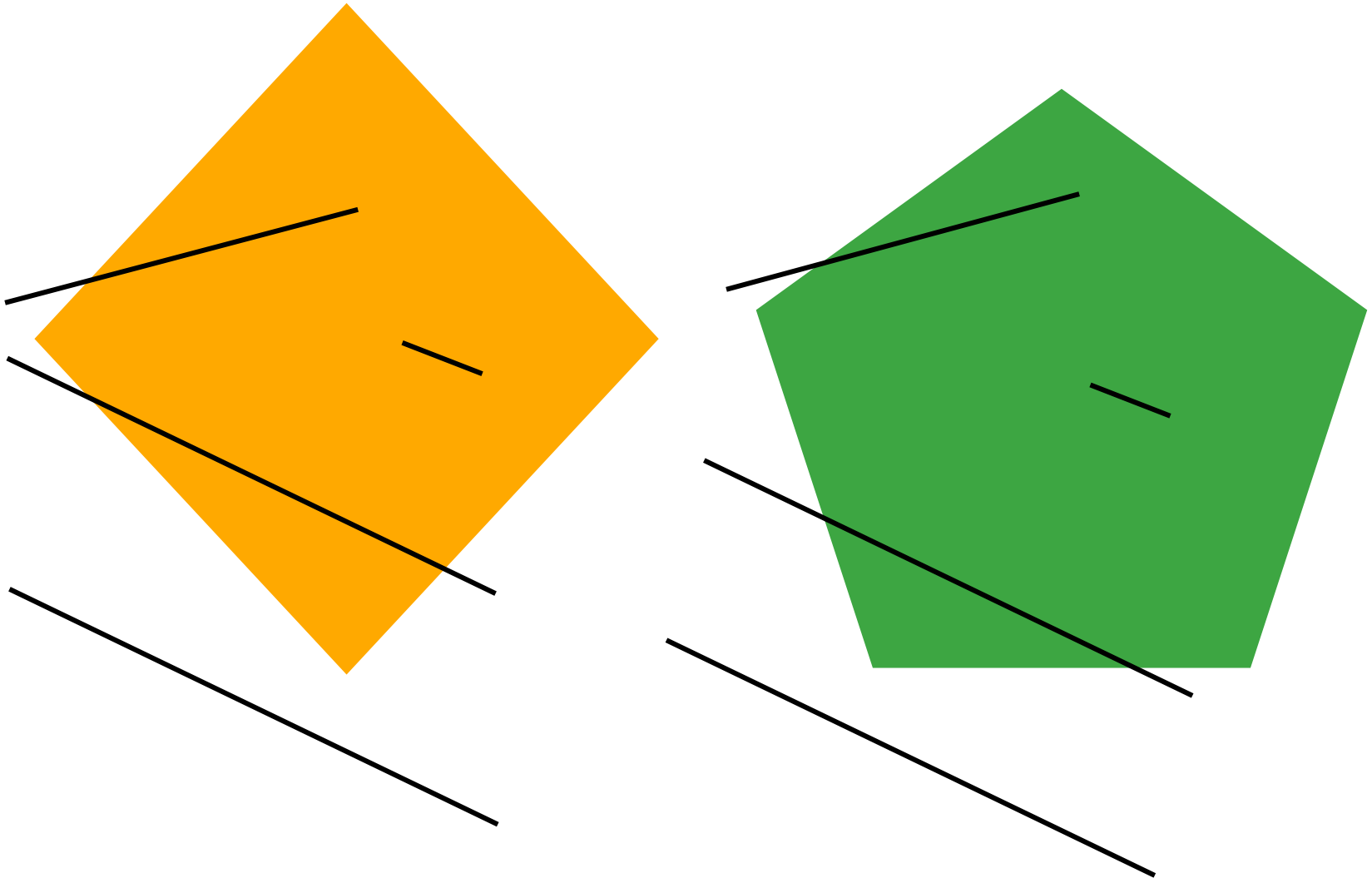
Recorte 2D - Resumo

- Básico
  - Determina partes que estão dentro e fora da window
  - Redefine objeto, eliminando as partes que estão fora
- Algoritmos específicos
  - para objetos gráficos diferentes (pontos, linhas, círculos, etc.)
  - buscam otimização de procedimentos

UFRGS

Recorte

Área de interesse não é um retângulo!



Material Suplementar

- Os slides a seguir apresentam um algoritmo para recorte no caso quando a área de interesse não é retangular

UFRGS

Cyrus-Beck (1978): idéia básica

- Segmento a ser recortado:

  $P(t) = P1 + t(P2-P1)$ $0 <= t <=1$

  $t = (P(t) – P1) / (P2 – P1)$
- Intersecção com bordas da janela:

  $t\_left = (xmin – x1) / (x2 – x1)$, borda esquerda

  $t\_right = (xmax – x1) / (x2 - x1)$, borda direita

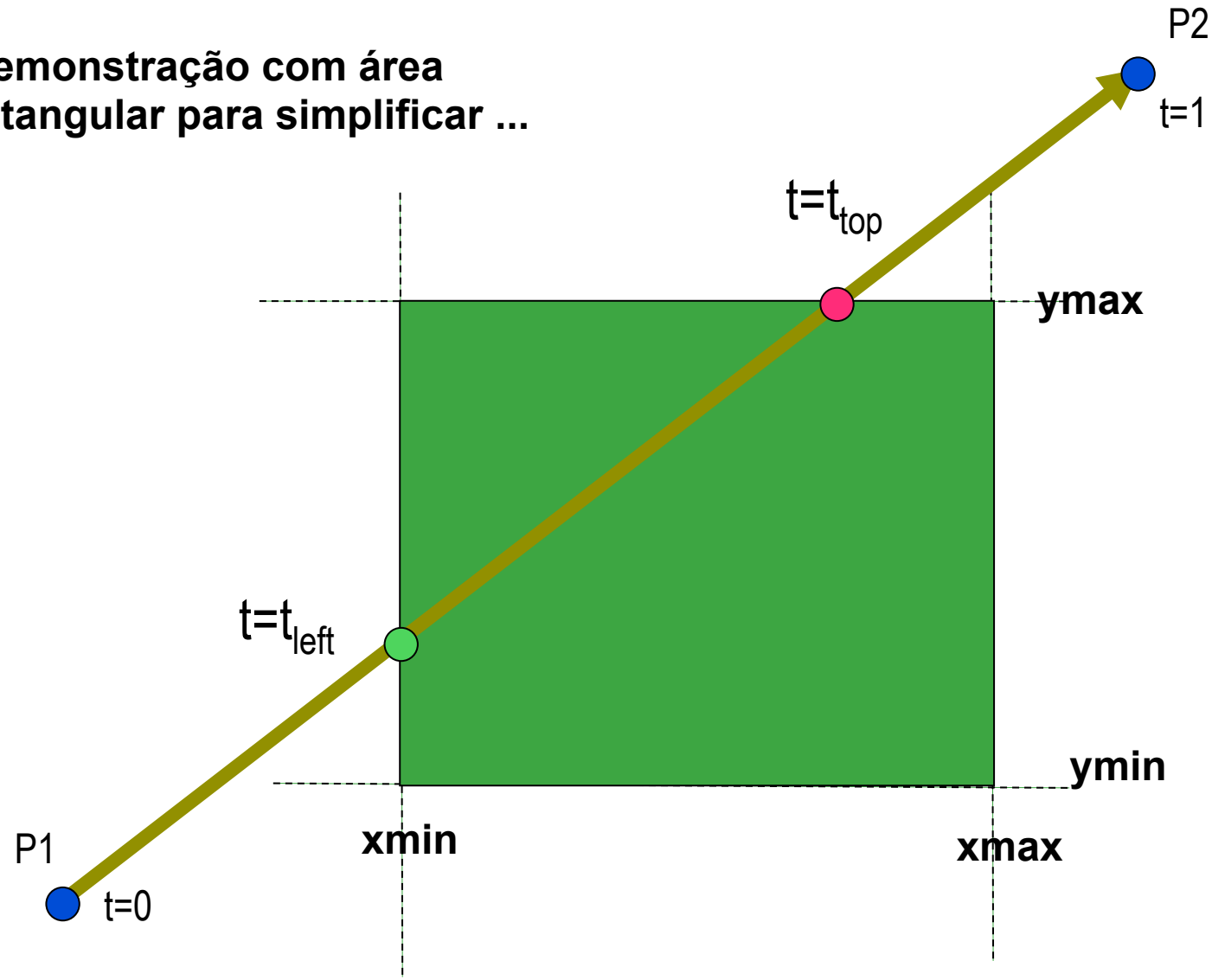
  $t\_top = (ymax – y1) / (y2 – y1)$, borda superior

  $t\_bottom = (ymin – y1) / (y2 – y1)$, borda inferior
- Se $0 <= t\_ <= 1$ para qualquer t_, este ponto pertence ao segmento
  - Mas, o segmento é visível?

UFRGS

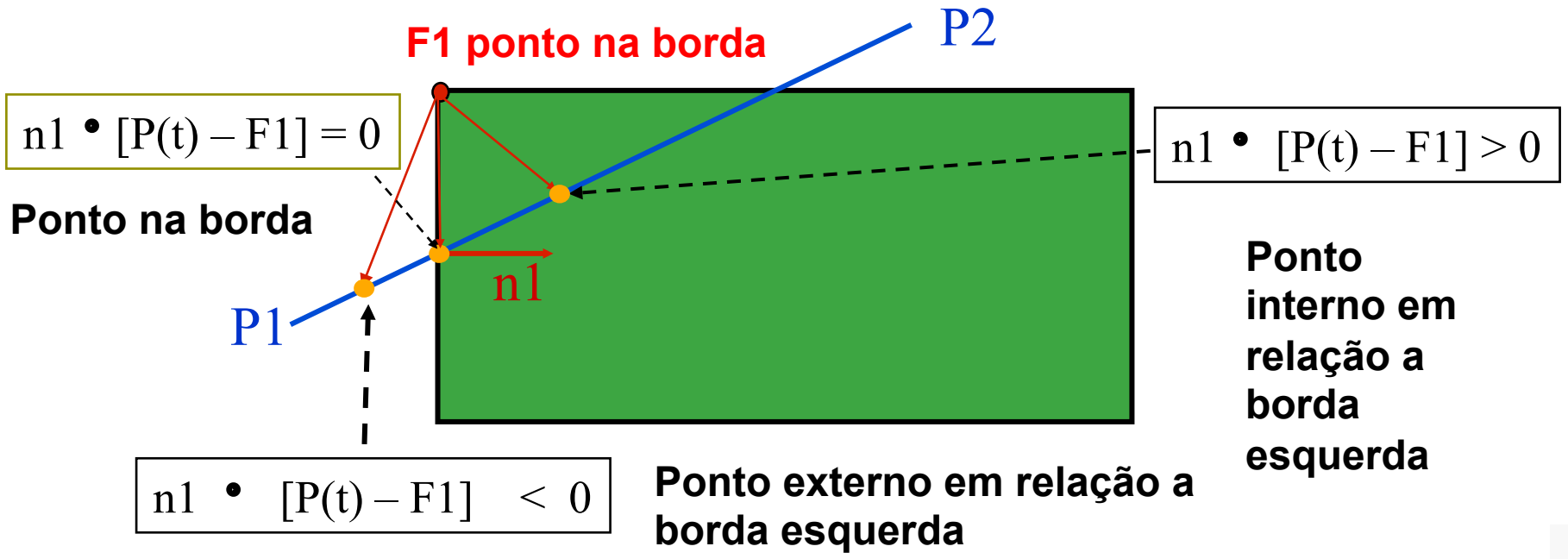
Cyrus-Beck (1978)

Demonstração com área retangular para simplificar ...



Cyrus-Beck (1978)

- Utilização de vetores normais internos a cada aresta da região de recorte
- Classificação dos pontos em relação às normais internas



Cyrus-Beck (1978)

Determinação de *t* sem calcular diretamente o ponto de intersecção

$n_i \bullet [P1+(P2-P1)t - F_i] = 0$

$D = P2 - P1$, direção do segmento a ser recortado

$n_i \bullet (P1+Dt - F_i) = 0$

$n_i \bullet (P1-F_i) + n_i \bullet Dt = 0$

$n_i \bullet (P1-F_i) = -(n_i \bullet Dt)$

$n_i \bullet (P1-F_i) = -(n_i \bullet D)\ t$

UFRGS

Cyrus-Beck

- Cálculo de t para cada aresta da região convexa

$$t_i = -\frac{(P_1 - F_i) \bullet n_i}{D \bullet n_i}$$

F_i é substituído para cada limite da janela de recorte

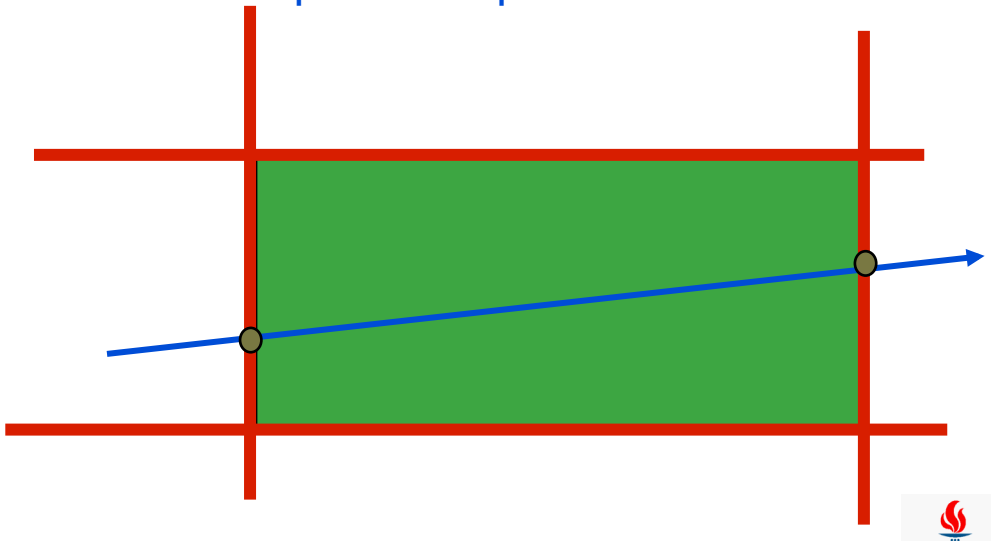
Cyrus-Beck

- O algoritmo busca os valores de t para os extremos do segmento “dentro da janela”
- Considera a orientação da linha sendo recortada para buscar tmin e tmax
- Avalia os valores de t obtidos para decidir se o segmento final deve ser “rejeitado” ou “aceito”

Cyrus-Beck (1978)

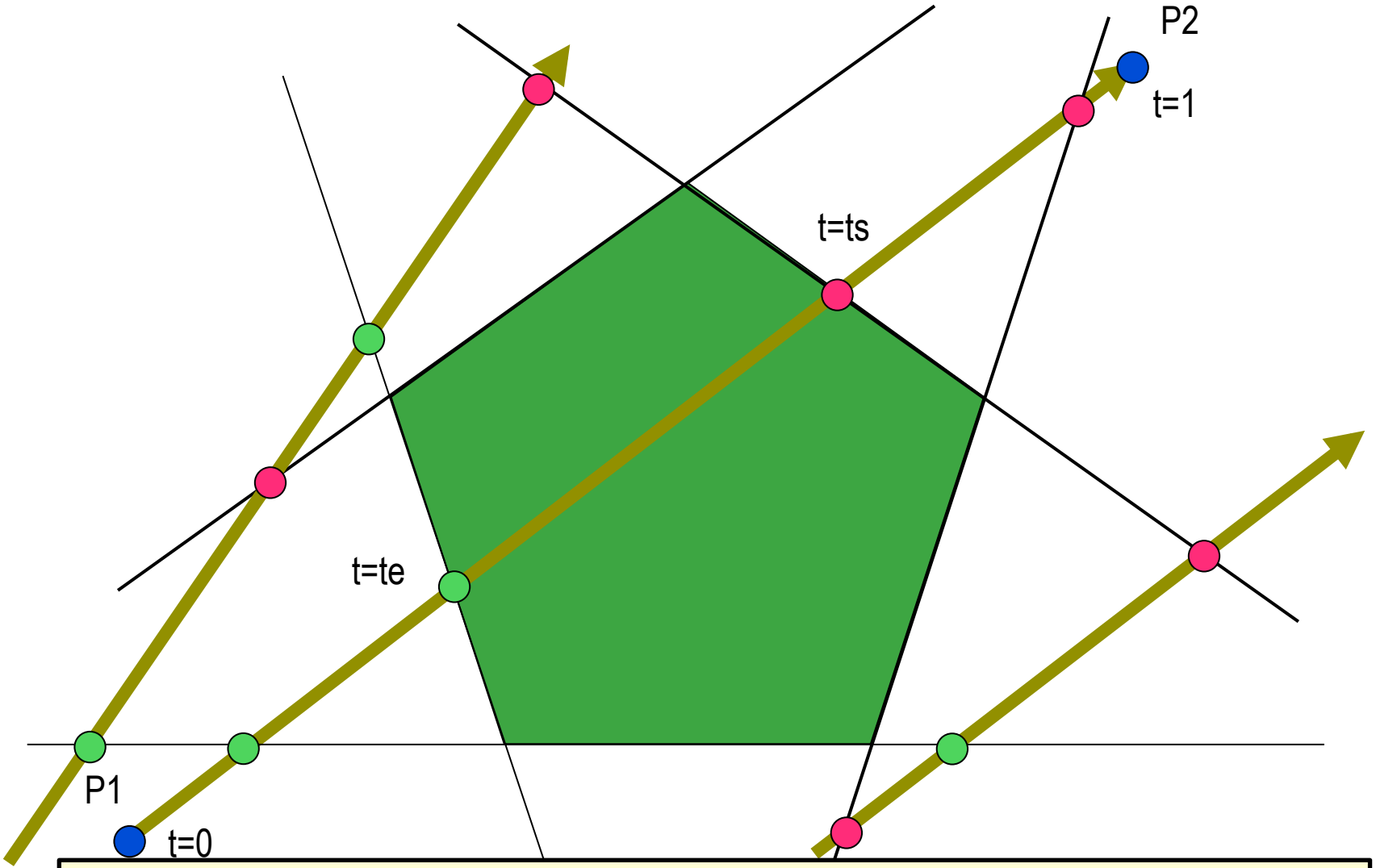
tmin =0; tmax = 1

- Para cada aresta da borda:
  - calcula o *t*
  - verifica se deve atualizar o *tmin* ou o *tmax* (usando a orientação do segmento)
- Ao final, se *tmin* < *tmax*, o segmento é visível
- Descrição completa em
  - Rogers, David. Procedural Elements for Computer Graphics.



UFRGS

Cyrus-Beck



Vantagem: pode ser utilizado para recorte contra qualquer figura geométrica convexa

UFRGS