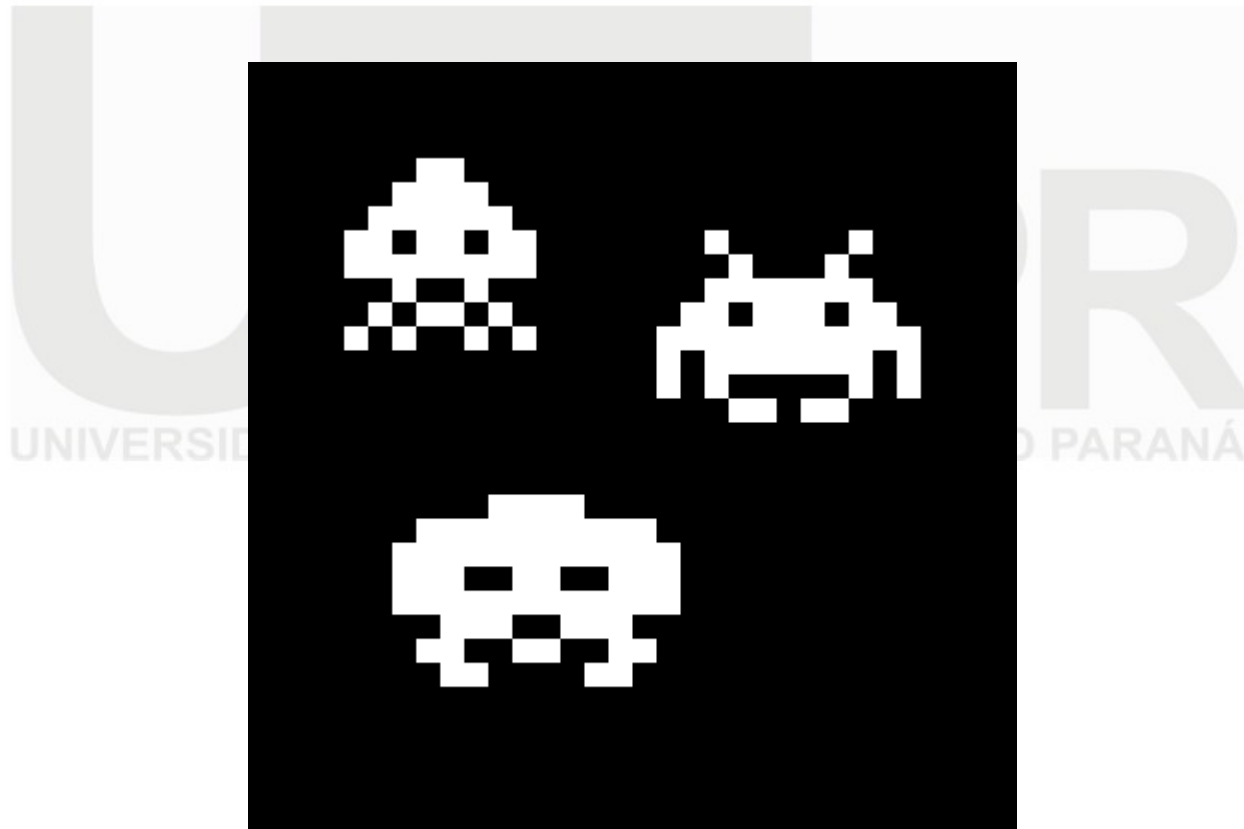


Processamento Digital de Imagens

Prof. Bogdan Tomoyuki Nassu



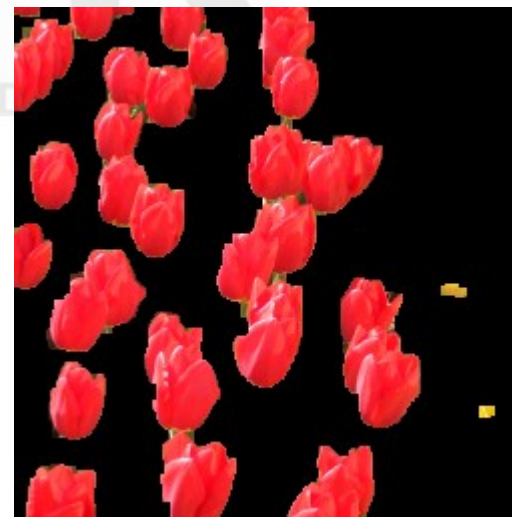
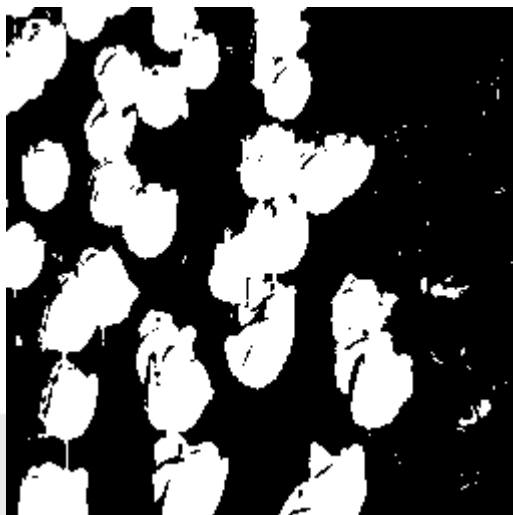
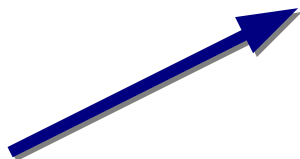
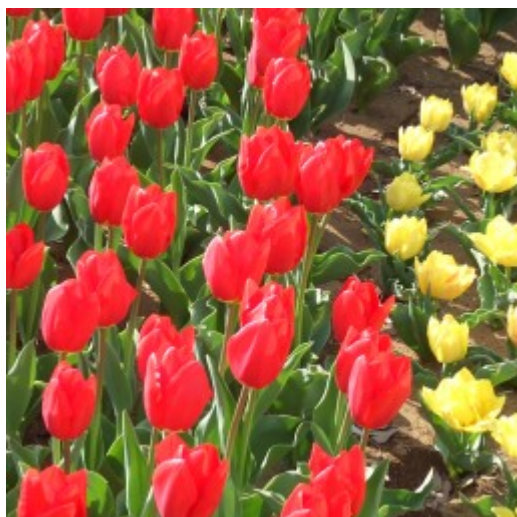
Hoje

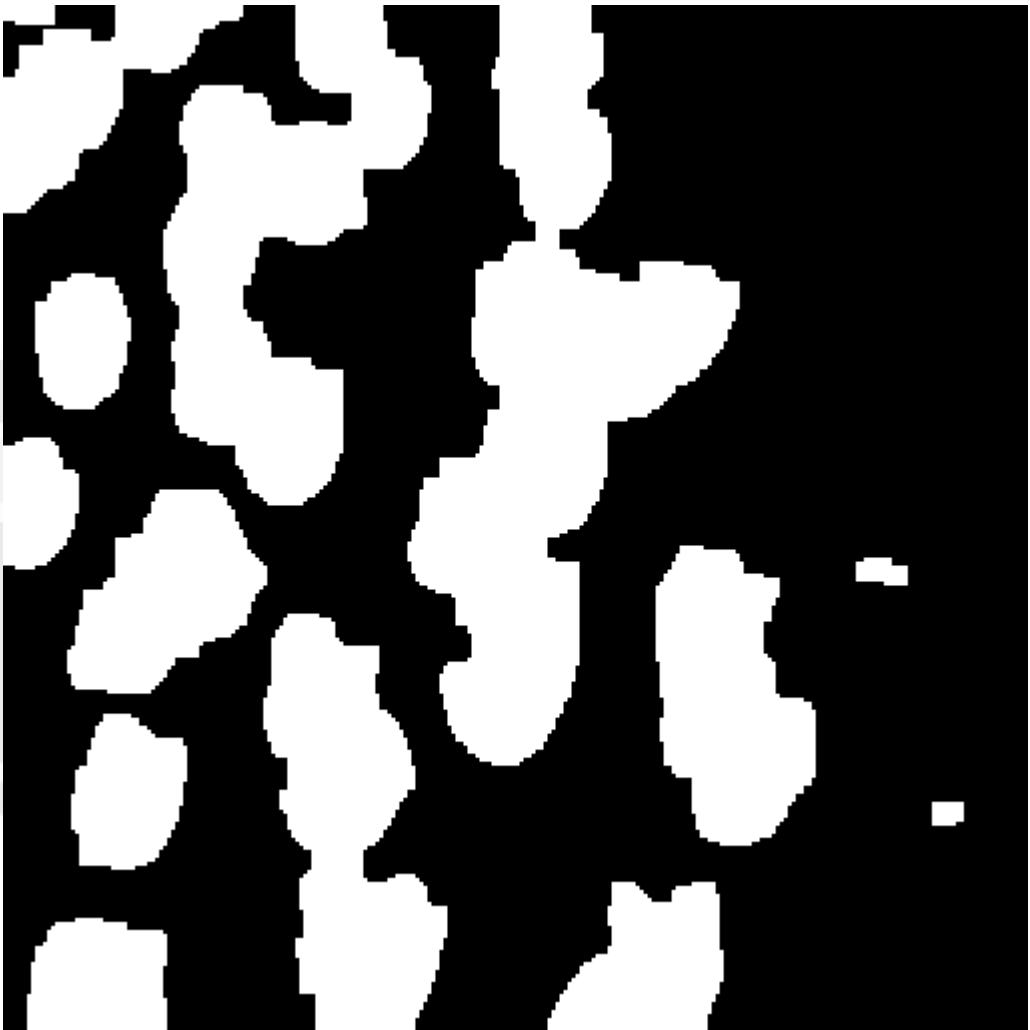
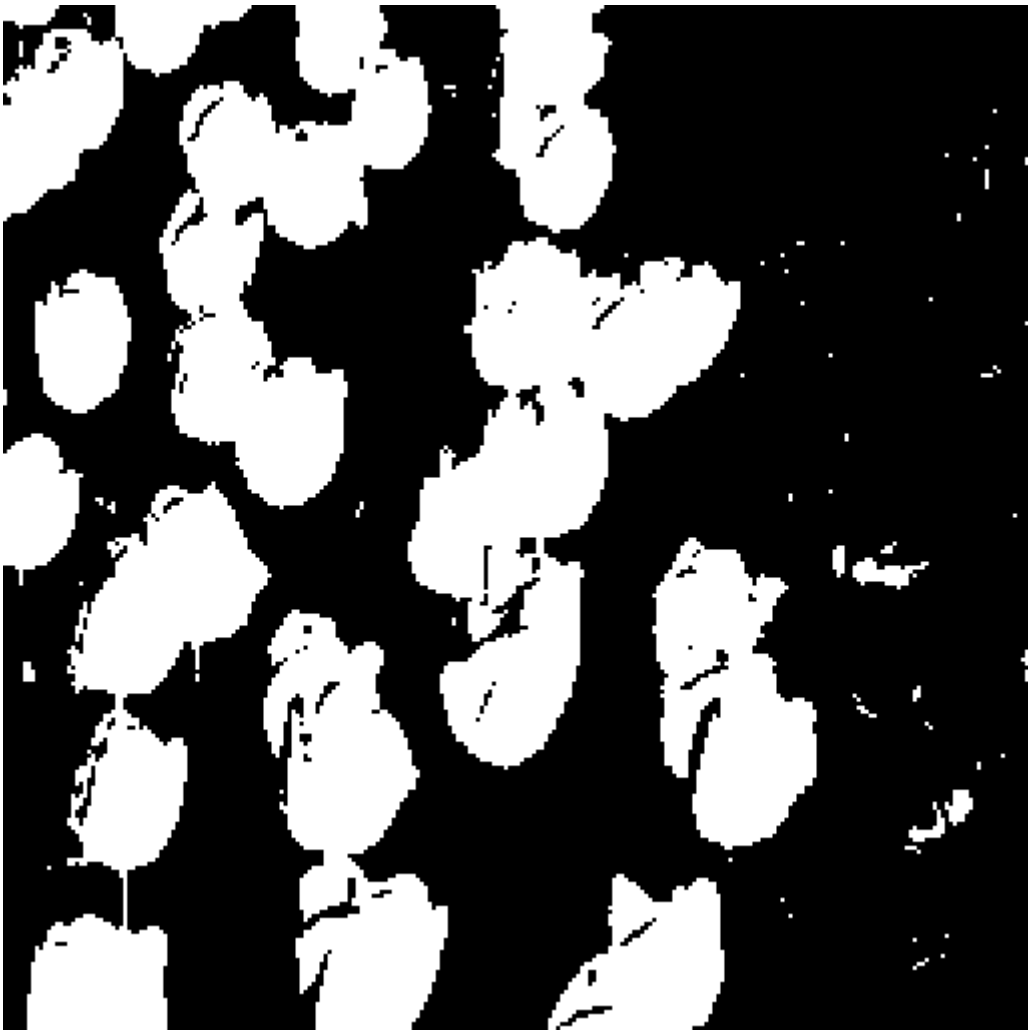
- Morfologia matemática.



Morfologia? Matemática?

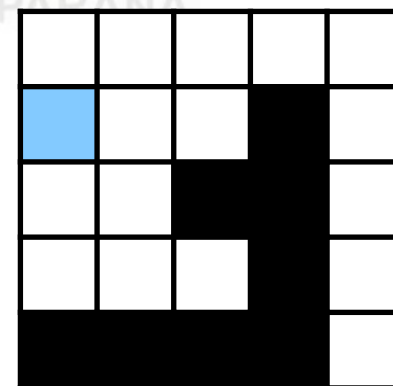
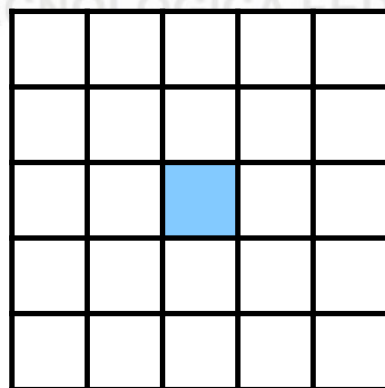
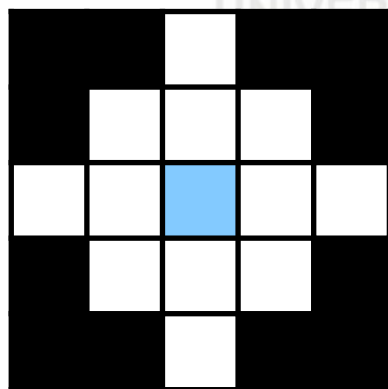
- Teoria e conjunto de técnicas para processamento de imagens com base, principalmente, na teoria dos conjuntos.
 - Conjuntos de pixels.
 - Uso principal: alterar o formato de regiões.
- Formular problemas usando morfologia matemática permite criar soluções baseadas em uma teoria e em técnicas já existentes.
 - Algoritmos podem derivar diretamente de formulações matemáticas.
- Na prática:
 - As técnicas mais fundamentais são bastante usadas.
 - Alguns problemas têm soluções baseadas em morfologia, mas existem algoritmos especializados mais eficientes ou eficazes.
- Nosso foco: parte mais fundamental...
 - Não entraremos em detalhes sobre definições e teoria matemática.





Operadores morfológicos

- Operadores morfológicos básicos: filtros espaciais não-lineares.
- Todos os operadores usam um *elemento estruturante*.
 - Termo alternativo: *kernel*.
 - Indica quais são os pixels de interesse na janela.
 - É uma imagem binária, associada a um pixel de saída.



Dilatação

$$I \oplus K$$

- A dilatação “engorda” as regiões de pixels brancos.

para cada vizinhança em torno de (x,y)

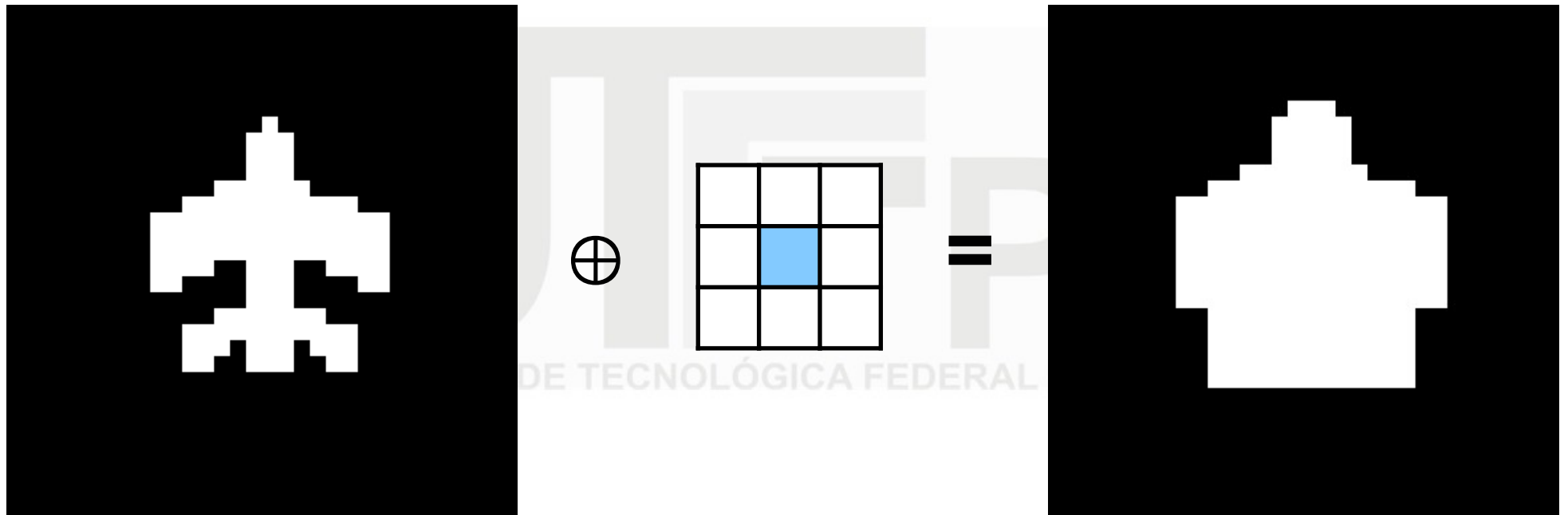
se pelo menos um dos pixels do kernel estiver setado na imagem

saída $(x,y) \leftarrow 1;$

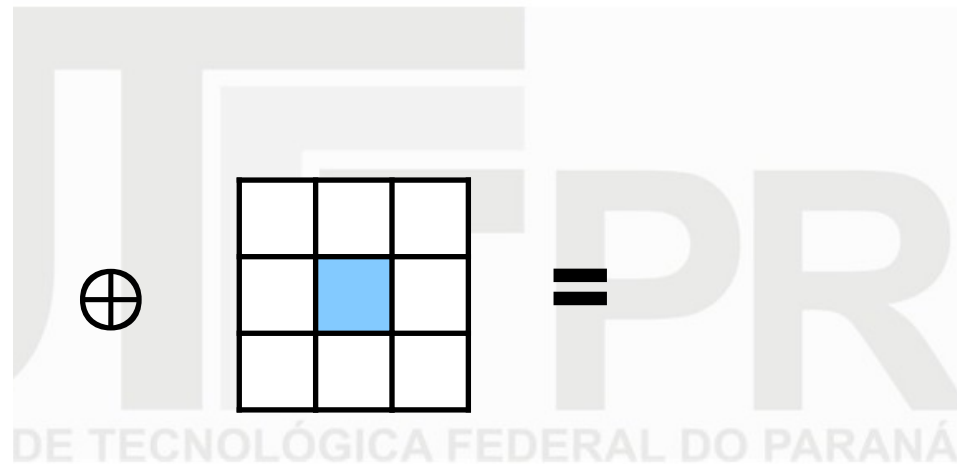
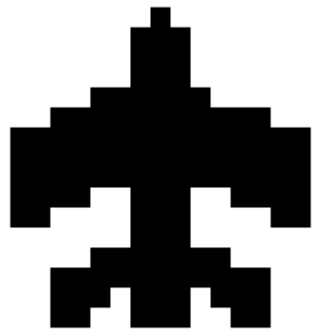
senão

saída $(x,y) \leftarrow 0;$

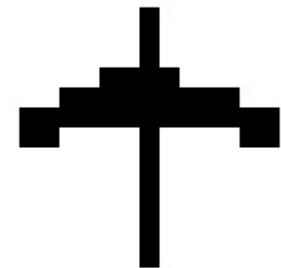
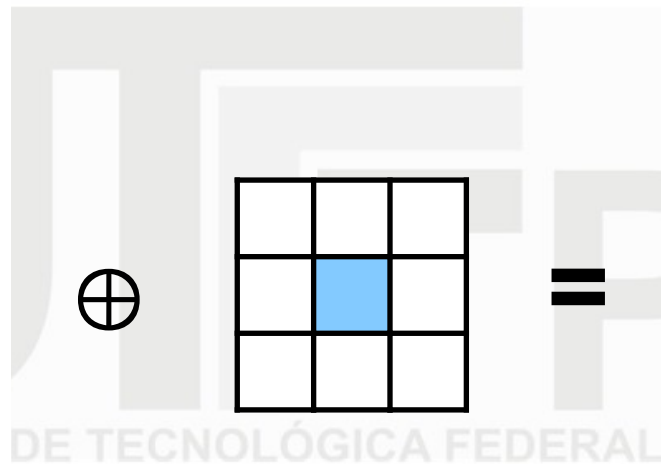
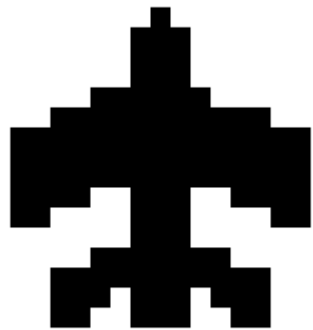
Dilatação



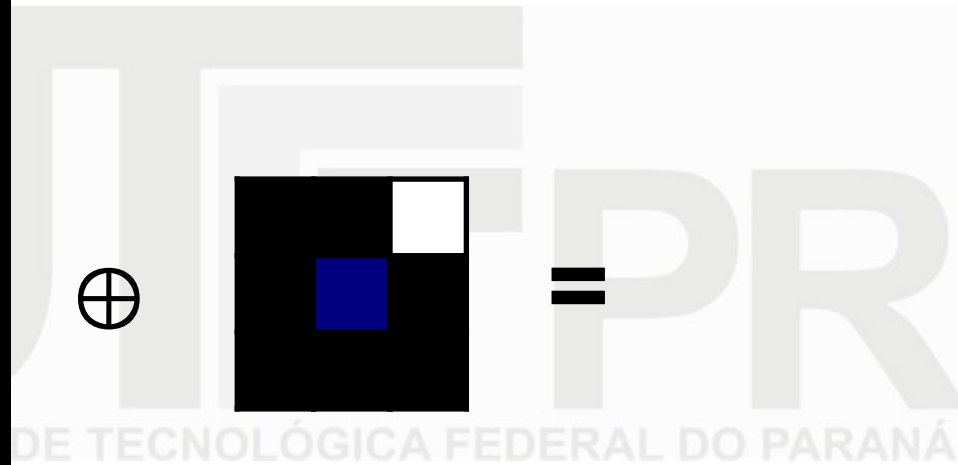
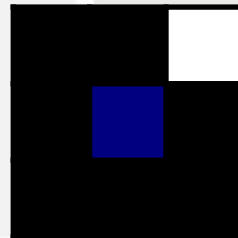
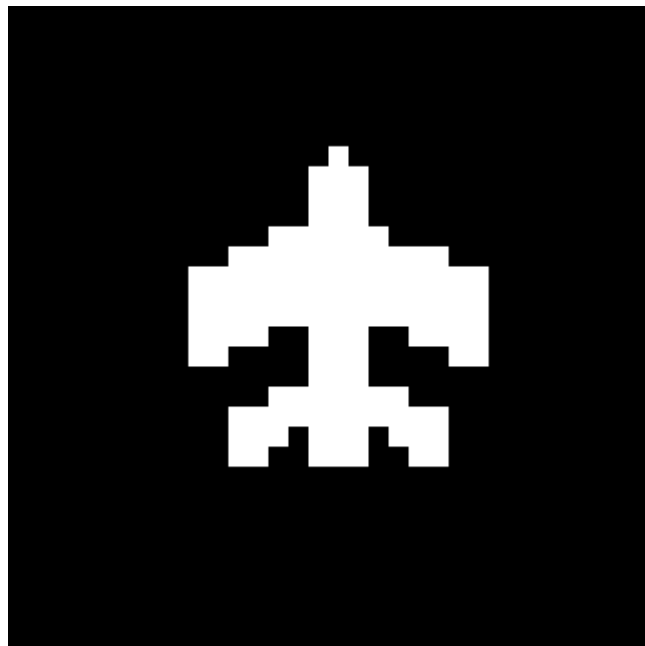
Dilatação



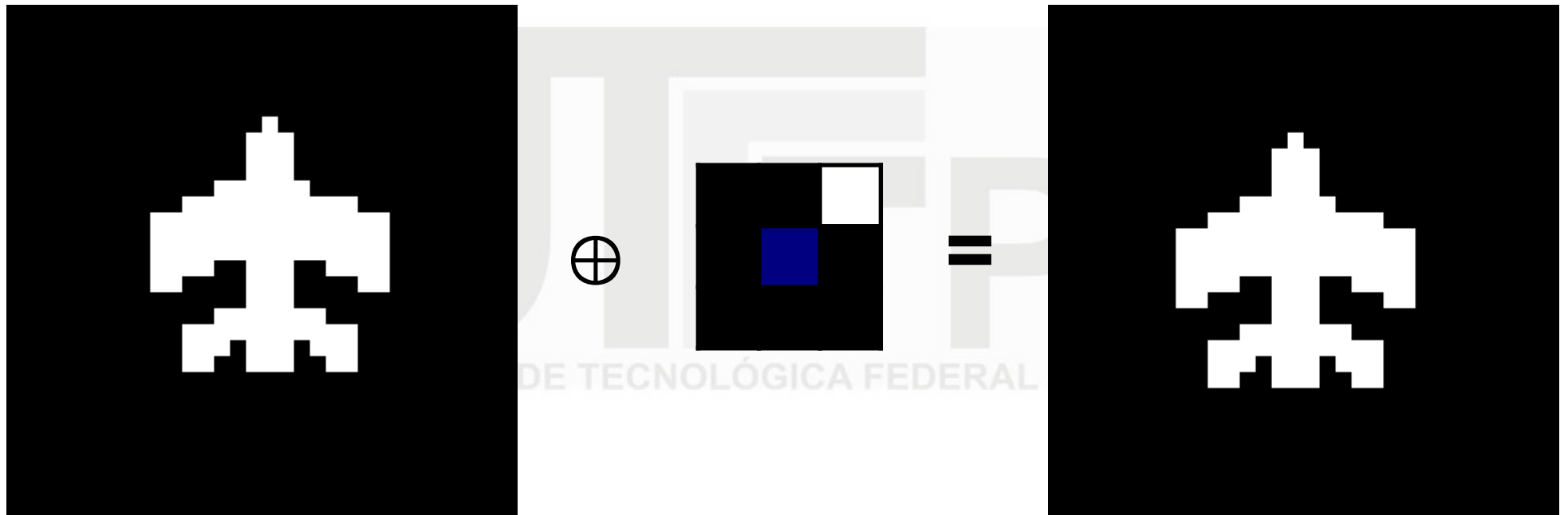
Dilatação



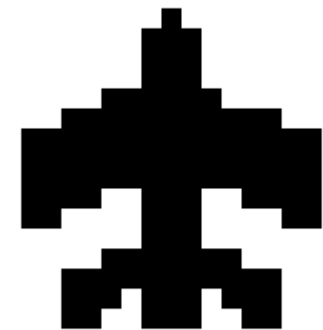
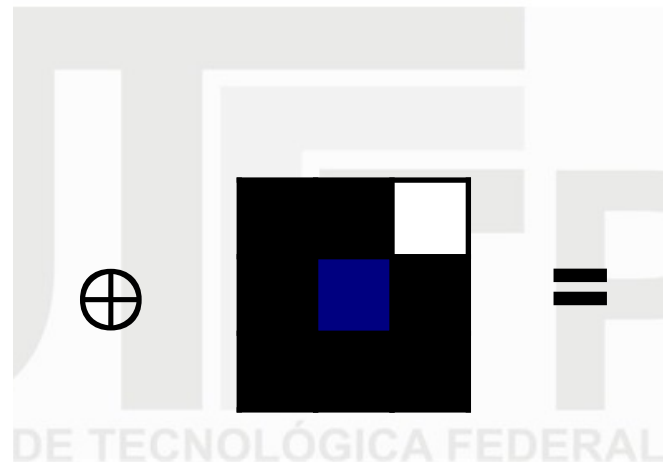
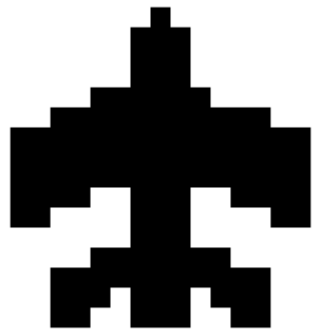
Dilatação



Dilatação



Dilatação



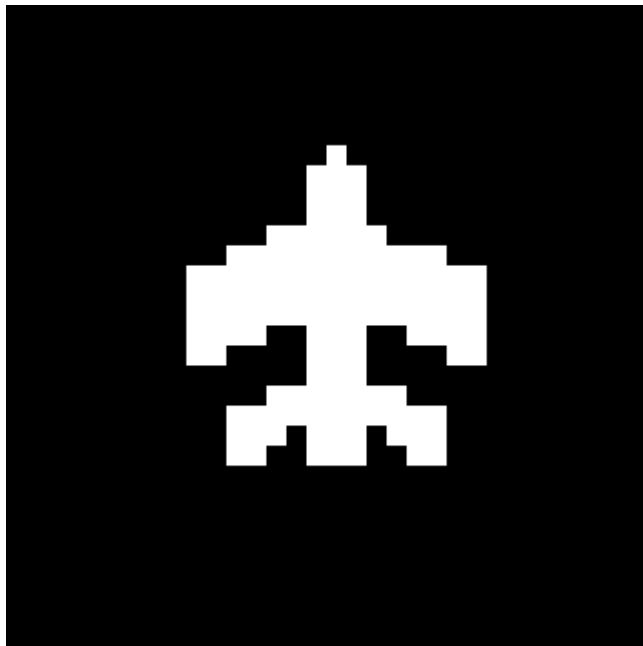
Erosão

$$I \ominus K$$

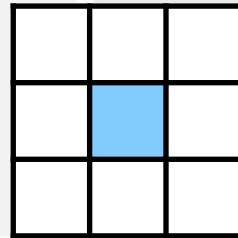
- A erosão “afina” as regiões de pixels brancos.

```
para cada vizinhança em torno de (x,y)
    se todos os pixels do kernel estiverem setados na imagem
        saída (x,y) ← 1;
    senão
        saída (x,y) ← 0;
```

Erosão

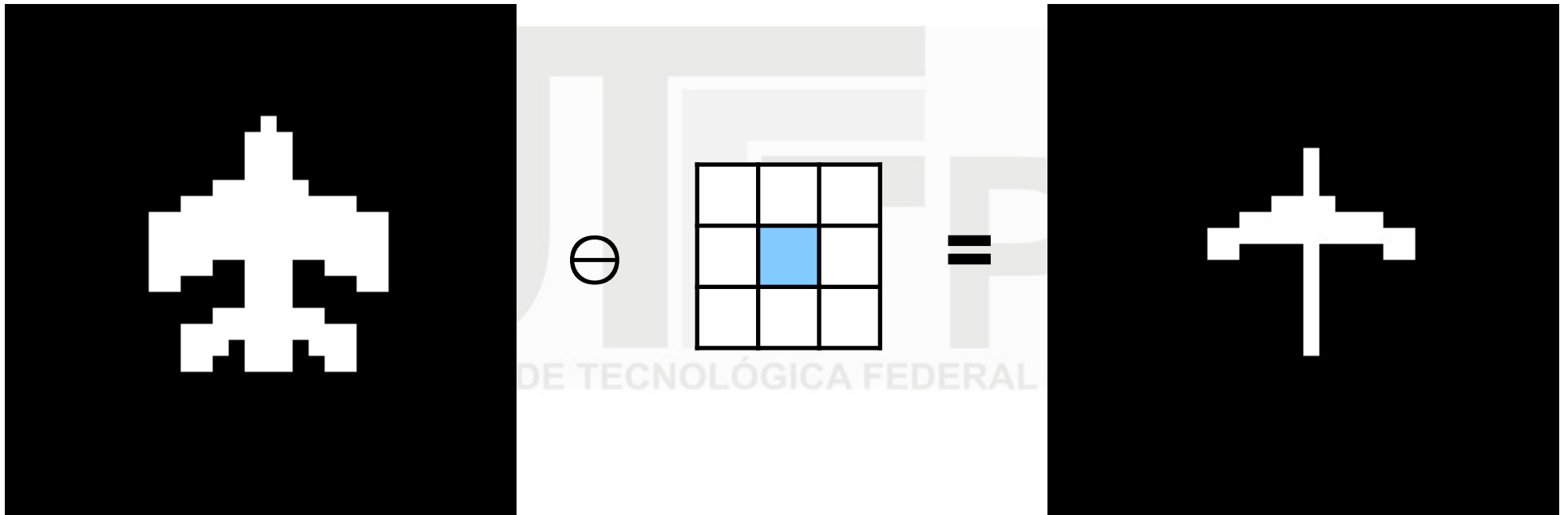


\ominus

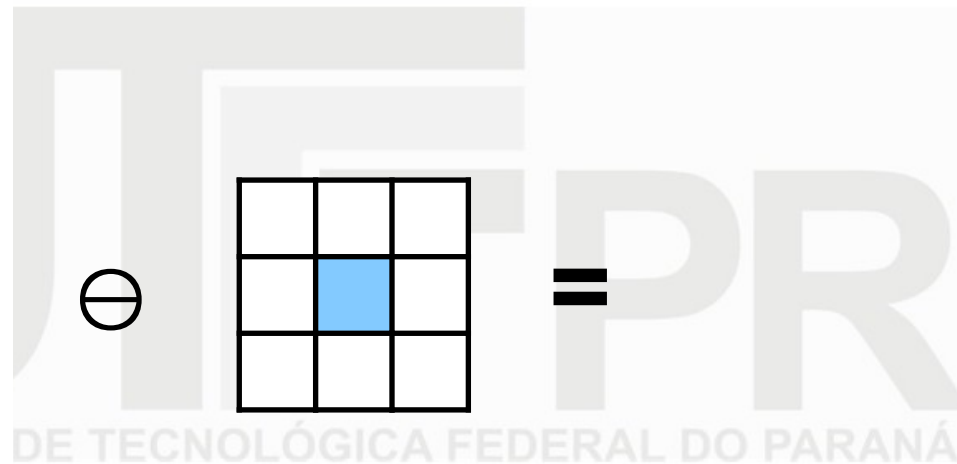
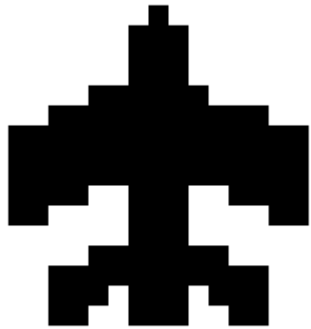


=

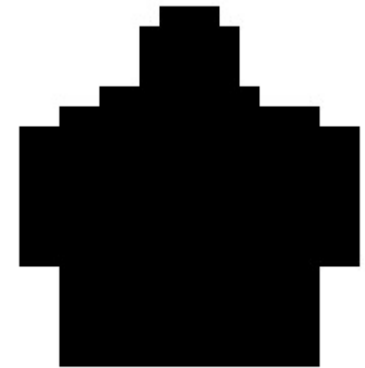
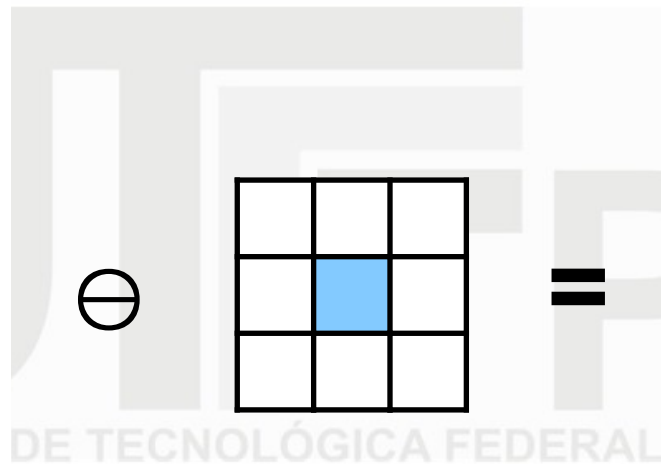
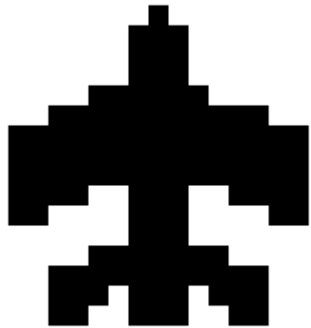
Erosão



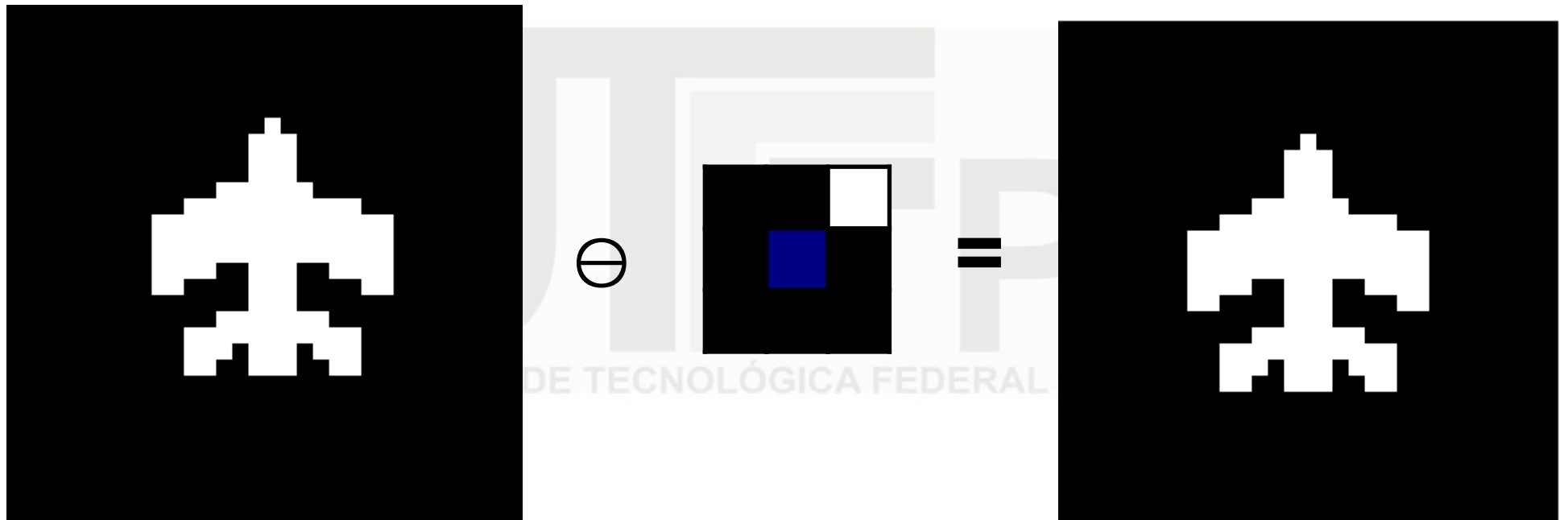
Erosão



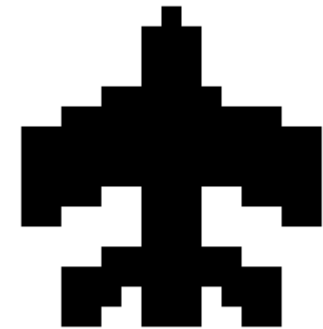
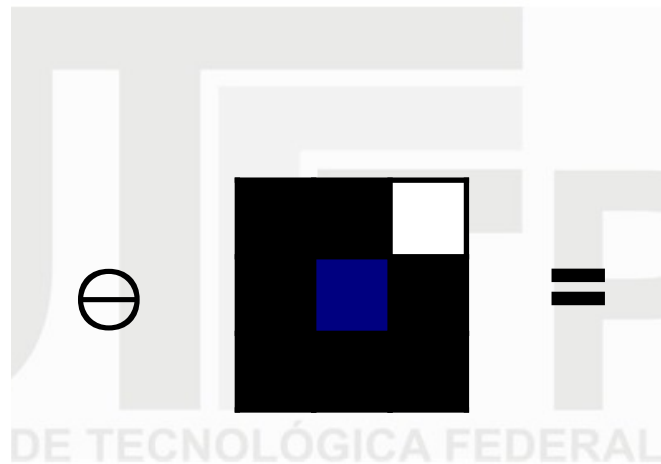
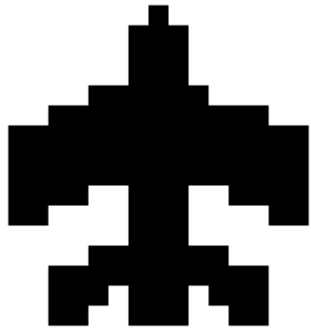
Erosão



Erosão



Erosão

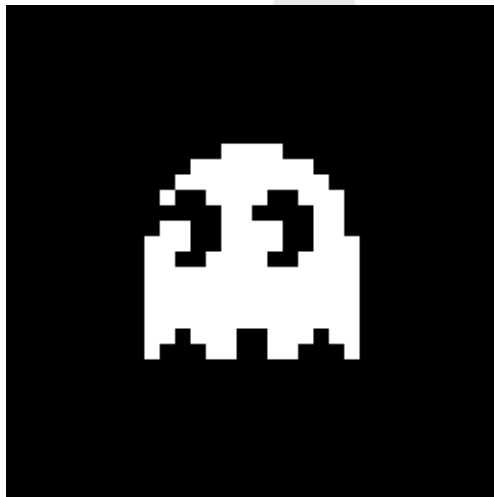


Dilatação e erosão: notas

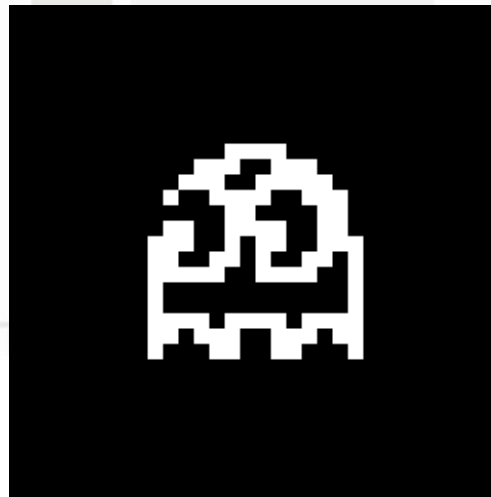
- Todos os outros operadores morfológicos se baseiam na dilatação e na erosão!
- Como dilatação e erosão funcionam como filtros espaciais, temos que lidar com as margens.
 - O que fazer se todos os pixels “setados” no elemento estruturante estiverem fora da imagem?!
- A ideia de que a dilatação “engorda” e a erosão “afina” os blobs só é válida quando o pixel central está “setado” no *kernel*.

Usando...

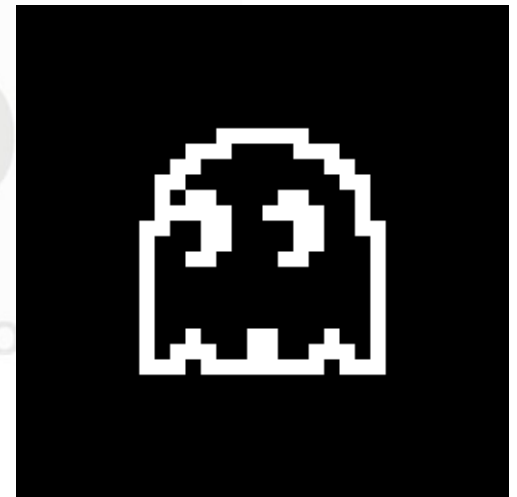
- Como poderíamos usar dilatação e/ou erosão para extrair os contornos de um blob?



Original



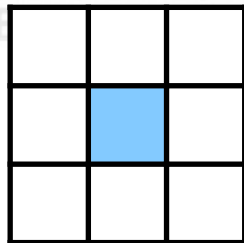
Contorno (interno)



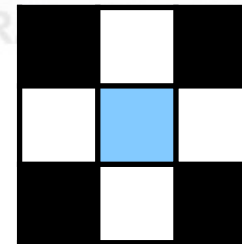
Contorno (externo)

Contornos

- Como poderíamos usar dilatação e/ou erosão para extrair os contornos de um blob?
- Seja I uma imagem binária, e K um elemento estruturante 3x3:
 - Contorno interno: $I - (I \ominus K)$
 - Contorno externo: $(I \oplus K) - I$
- Os pixels setados em K indicam o tipo de vizinhança:

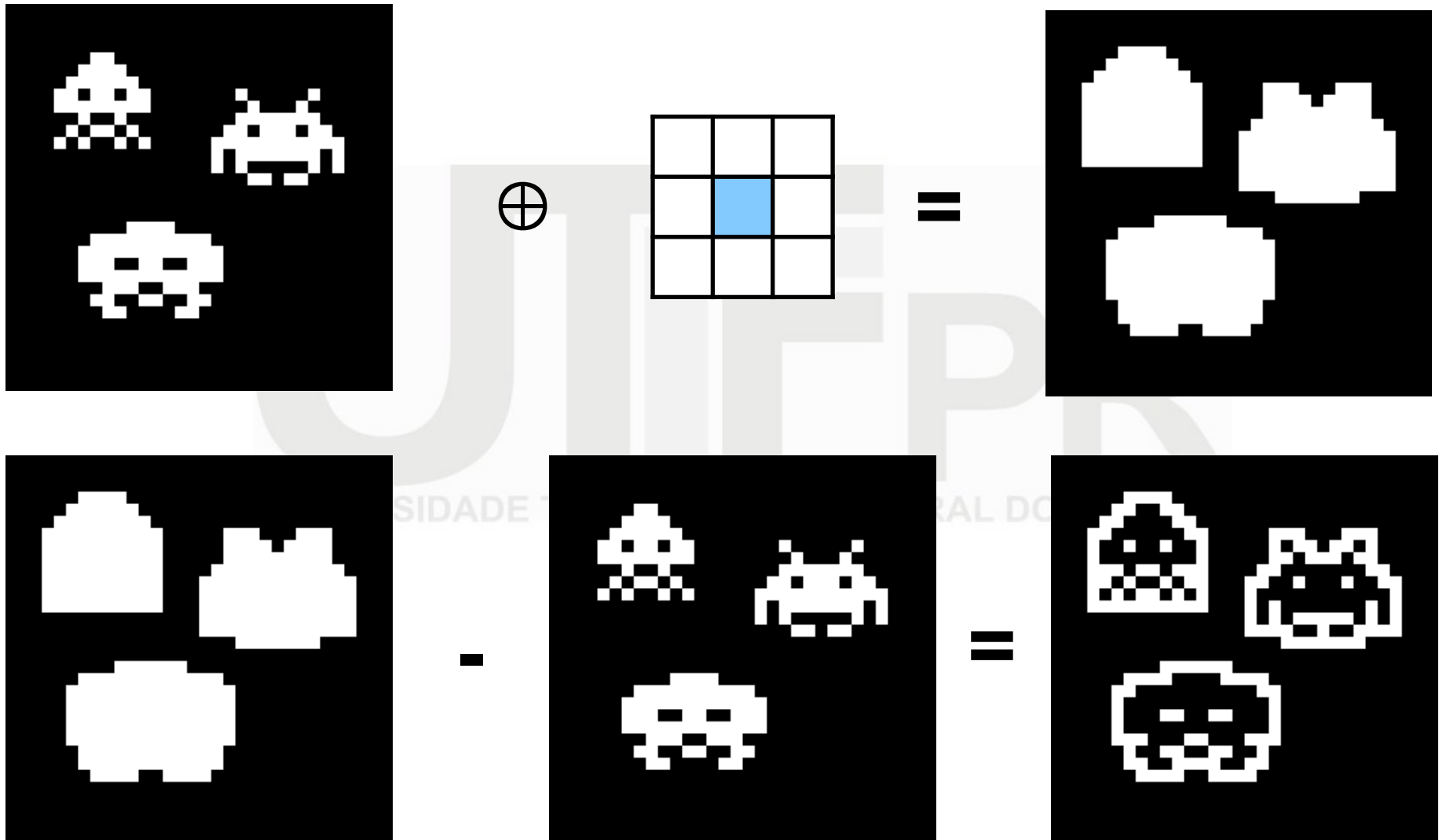


Vizinhança-8

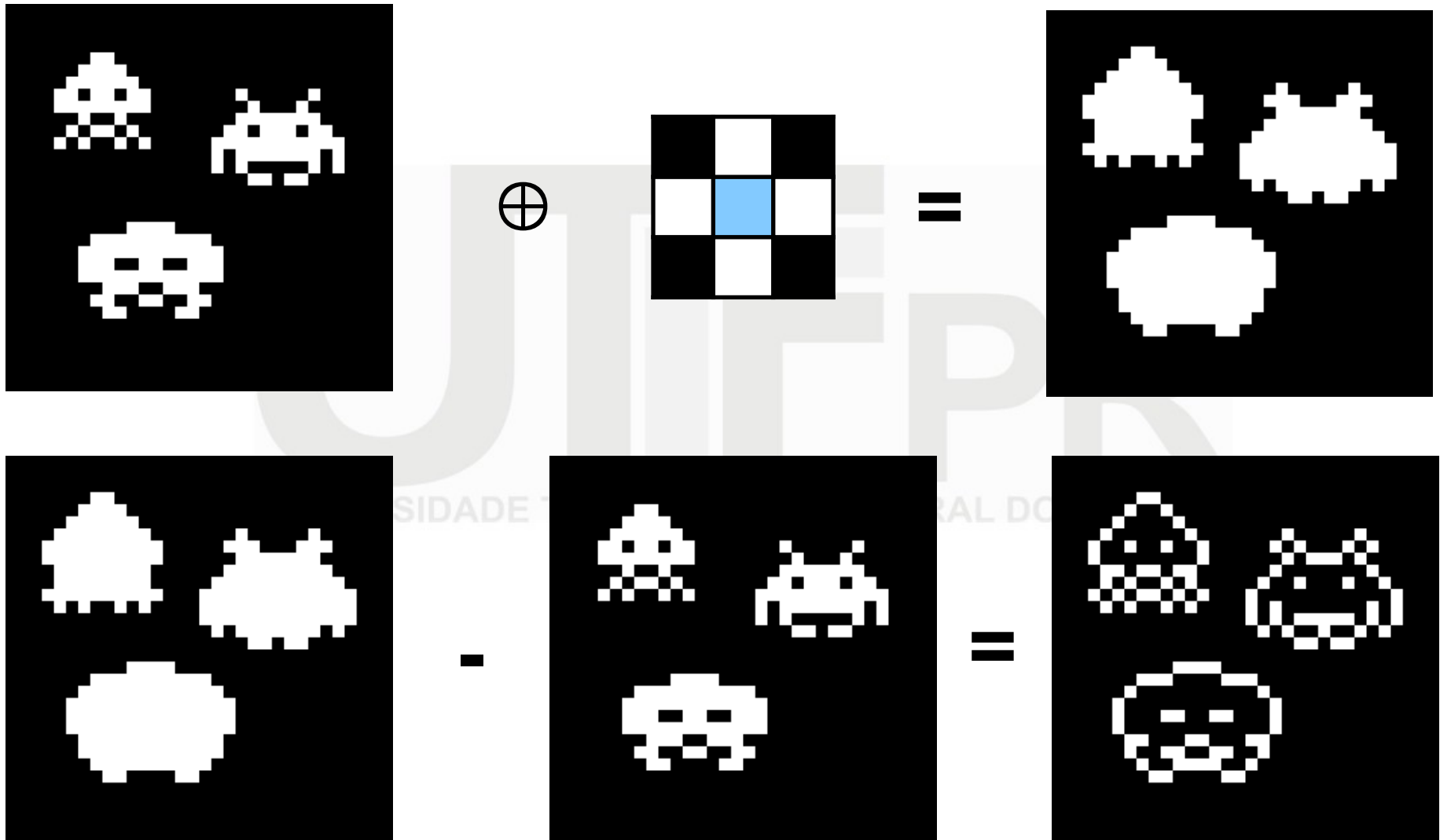


Vizinhança-4

Exemplo



Exemplo

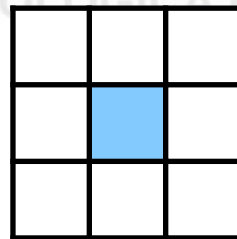


Abertura

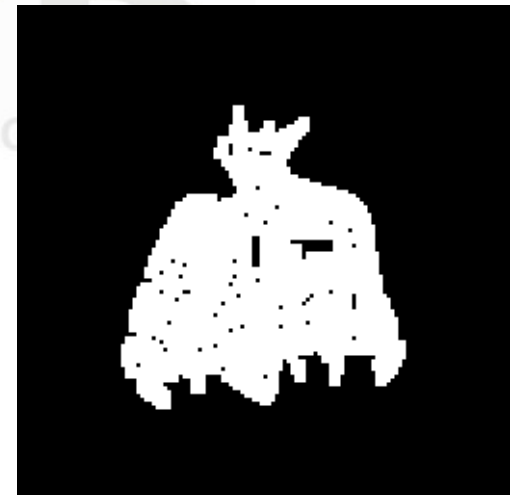
- Abertura: erosão seguida de dilatação.
 - $I \circ K = (I \ominus K) \oplus K$
 - Remove ruídos e protuberâncias.
 - Suaviza o formato do blob.
 - Usar várias vezes em seguida não muda o resultado!
 - $(I \circ K) \circ K = I \circ K$



○



=

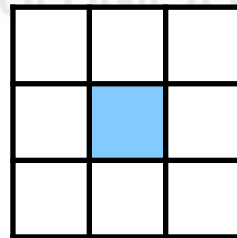


Fechamento

- Fechamento: dilatação seguida de erosão.
 - $I \bullet K = (I \oplus K) \ominus K$
 - Fecha “buracos”.
 - Suaviza o formato do blob.
 - Usar várias vezes em seguida não muda o resultado!
 - $(I \bullet K) \bullet K = I \bullet K$



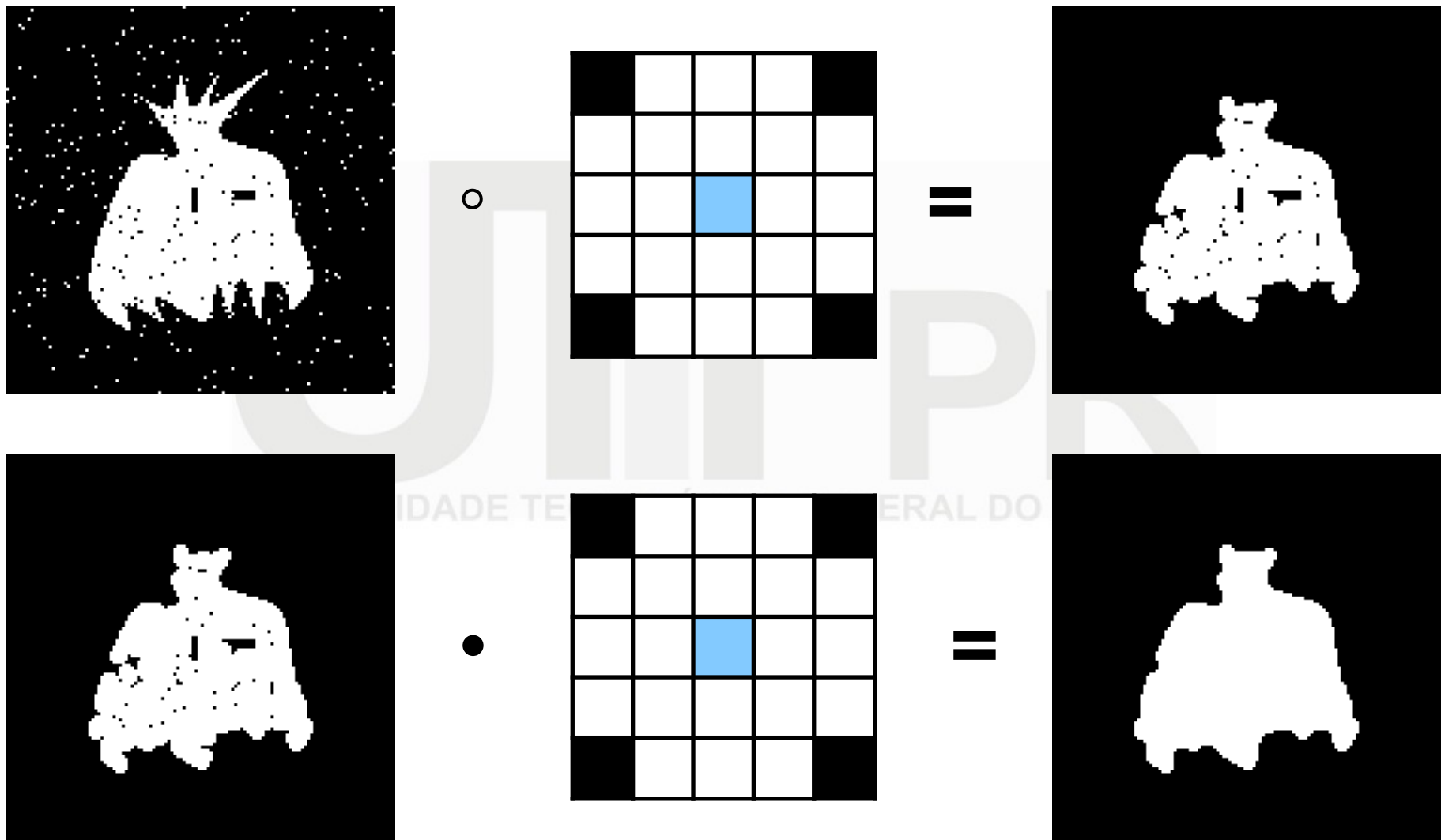
•



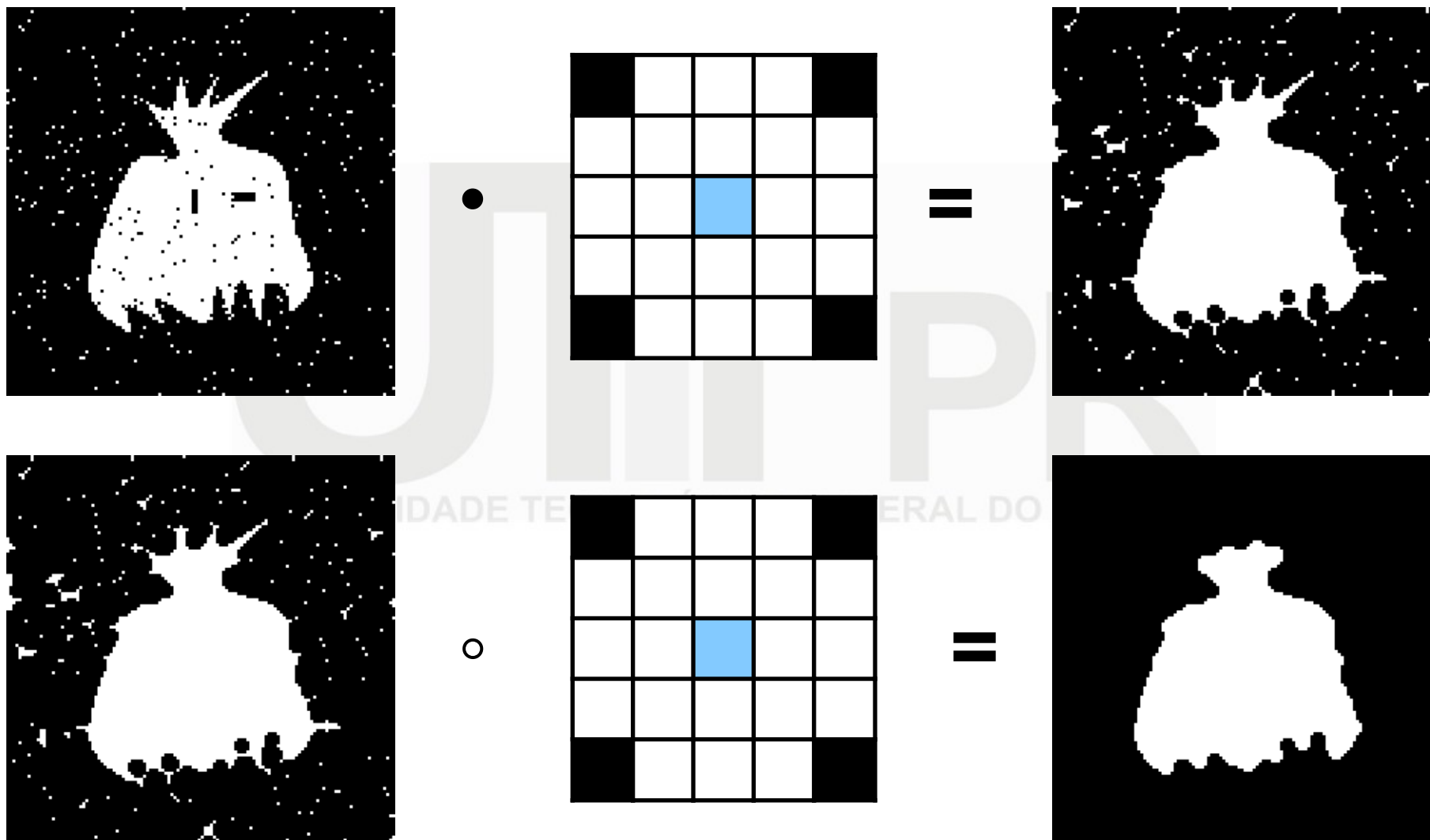
=



Mais exemplos...



Mais exemplos...



Morfologia: notas

- Existem outros operadores morfológicos, todos baseados em dilatações e erosões.
- Algumas aplicações que podem usar morfologia:
 - Análise de materiais.
 - (Esta foi a primeira aplicação que usou operações morfológicas!)
 - Reconhecimento de padrões em imagens binárias.
 - Afinamento de caracteres para reconhecimento automático.
 - Processamento de impressões digitais.

Filtro da mediana binário

- Os operadores morfológicos são muito usados para remoção de ruído em imagens binárias.
- Uma alternativa rápida que pode resolver o mesmo problema em alguns casos é o filtro da mediana binário.
 - Em imagens binárias, a mediana de uma região é igual ao valor que mais aparece na região.
 - Como podemos usar isso para obter a mediana rapidamente?

Filtro da mediana binário

- Os operadores morfológicos são muito usados para remoção de ruído em imagens binárias.
- Uma alternativa rápida que pode resolver o mesmo problema em alguns casos é o filtro da mediana binário.
 - Em imagens binárias, a mediana de uma região é igual ao valor que mais aparece na região.
 - Podemos simplesmente somar os pixels em cada vizinhança, e verificar se a soma é maior que o tamanho da região dividido por 2.
 - Já vimos um jeito rápido de somar os pixels em uma vizinhança!
 - Qual?

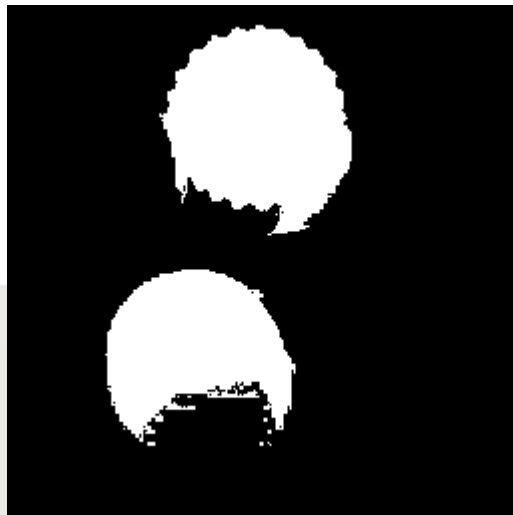
Filtro da mediana binário

- Os operadores morfológicos são muito usados para remoção de ruído em imagens binárias.
- Uma alternativa rápida que pode resolver o mesmo problema em alguns casos é o filtro da mediana binário.
 - Em imagens binárias, a mediana de uma região é igual ao valor que mais aparece na região.
 - Podemos simplesmente somar os pixels em cada vizinhança, e verificar se a soma é maior que o tamanho da região dividido por 2.
 - Já vimos um jeito rápido de somar os pixels em uma vizinhança!
 - A estratégia baseada em imagens integrais.

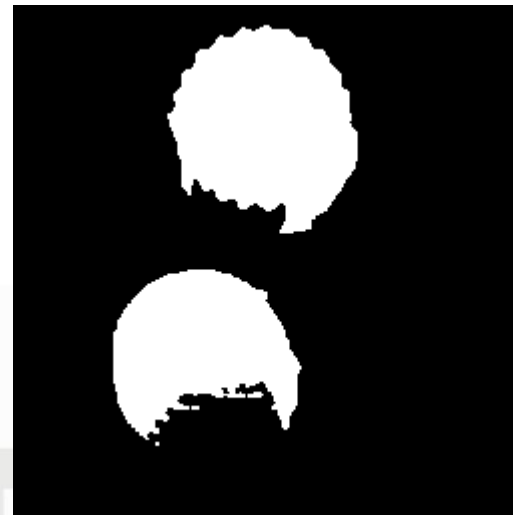
Filtro da mediana binário



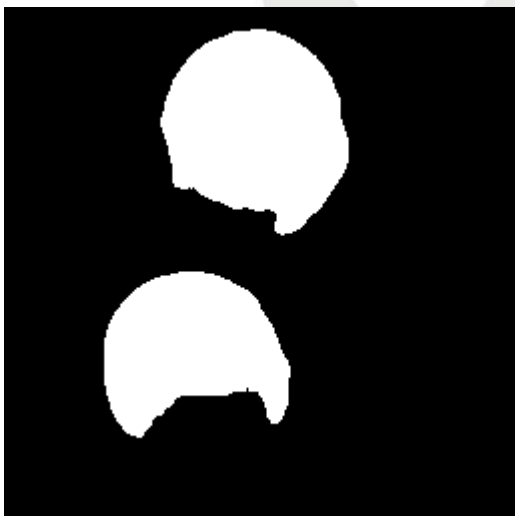
Original



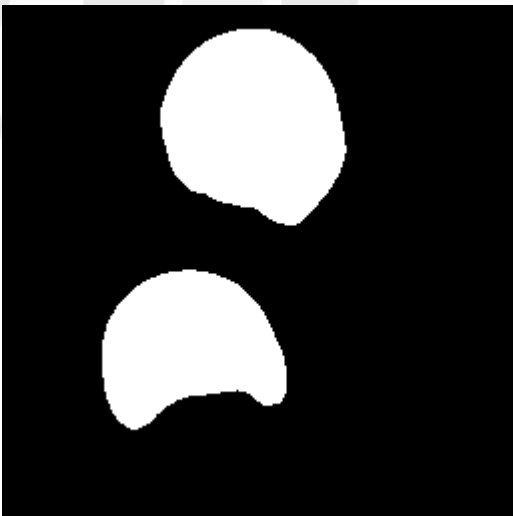
Binarizada



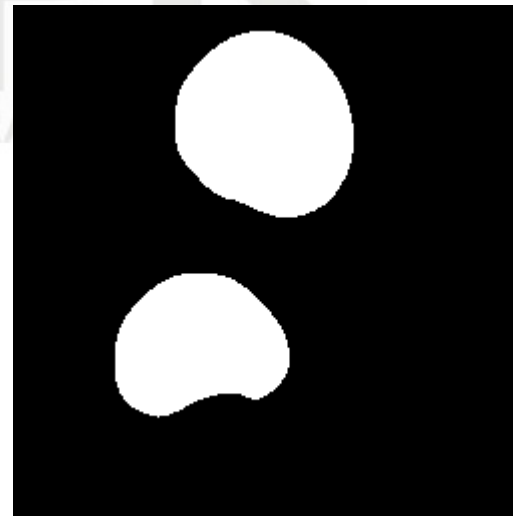
3x3



9x9



21x21

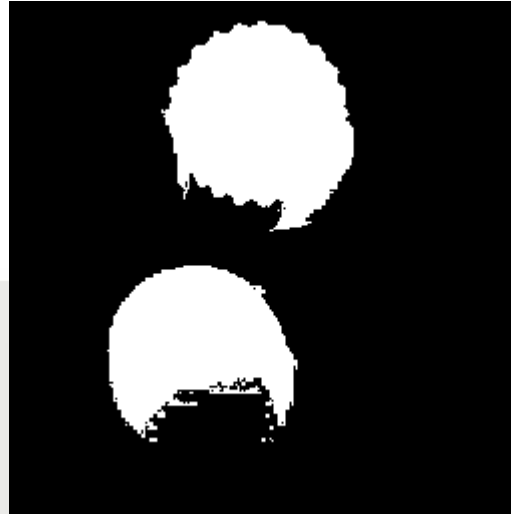


41x41

Abertura (kernel circular)



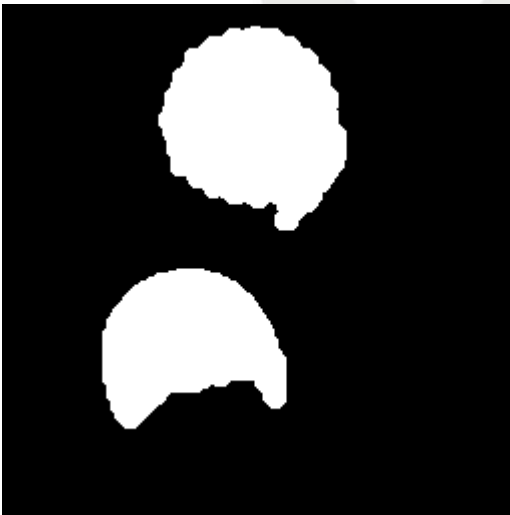
Original



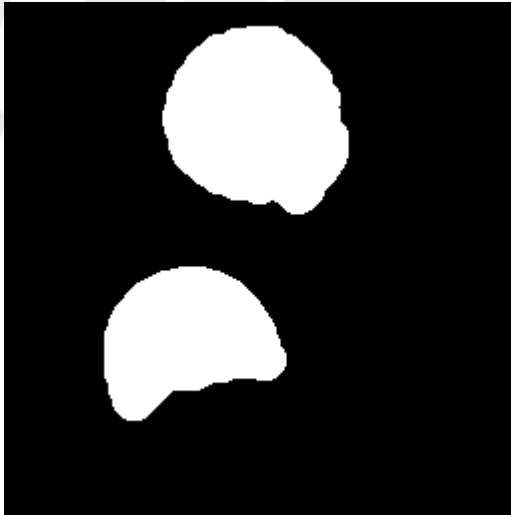
Binarizada



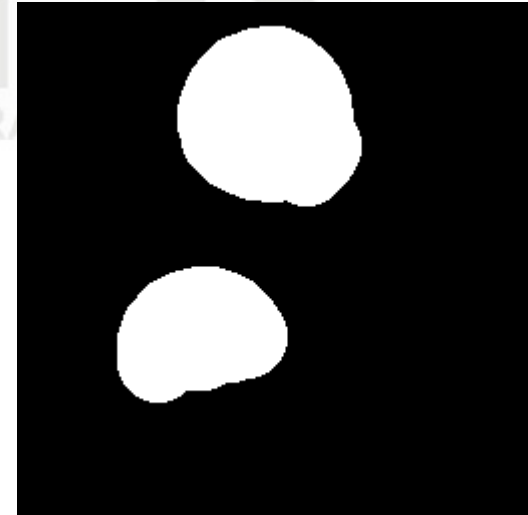
3x3



9x9



21x21



41x41

Morfologia em escala de cinza

- Usamos até agora morfologia para imagens binárias.
- Os operadores de erosão e dilatação foram estendidos para imagens em escala de cinza.
- Dilatação:
 - ~~Pixel setado se pelo menos um pixel sob o kernel estiver setado.~~
 - Pixel recebe o maior valor sob o kernel.
- Erosão:
 - ~~Pixel setado se todos os pixels sob o kernel estiverem setados.~~
 - Pixel recebe o menor valor sob o kernel.
- As novas definições ainda funcionam para imagens binárias!

Morfologia em escala de cinza

- Kernel quadrado com pixel de interesse no centro → fica igual aos filtros para mínimos e máximos locais que definimos!
 - Estes filtros são separáveis e fáceis de implementar.

Imagem original



Dilatação 21x21



Erosão 21x21



Abertura 21x21



Fechamento 21x21



Trabalho 4

- Prazo: 11/08.
- Peso: 1.6 (de 10).
- Escreva um programa para estimar quantos grãos de arroz aparecem em cada uma das imagens dadas.
 - Use os mesmos parâmetros para todas as imagens.