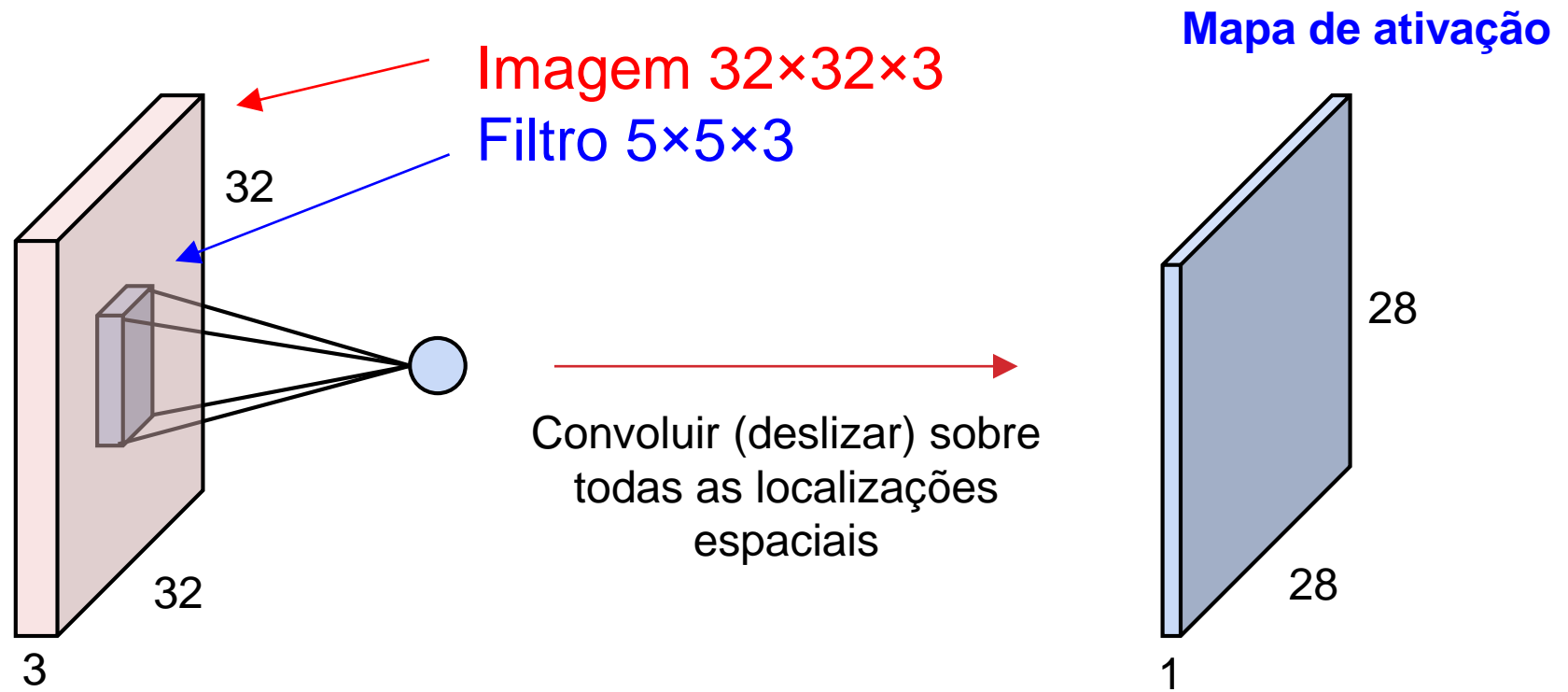


Redes Neurais e Aprendizagem Profunda

REDES NEURAIS CONVOLUCIONAIS PASSO / PREENCHIMENTO / AGRUPAMENTO

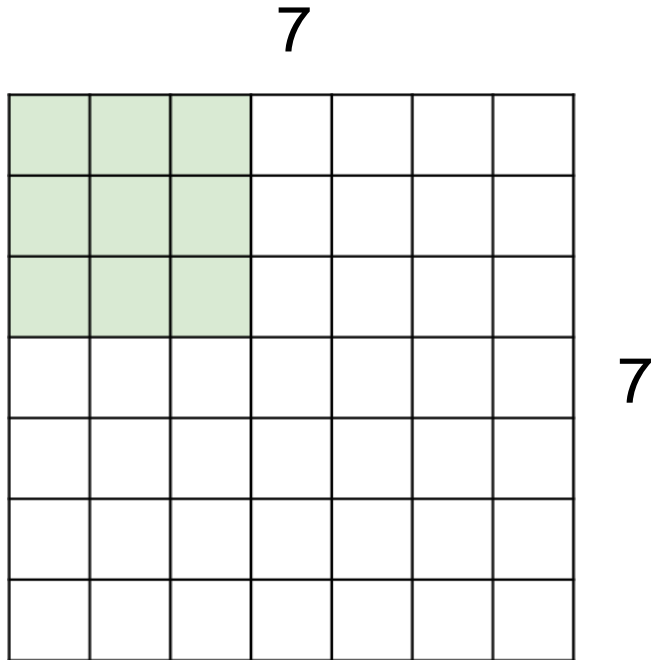
Zenilton K. G. Patrocínio Jr
zenilton@pucminas.br

Camada Convolutiva



Camada Convolutacional – Tamanho do Passo

Um olhar mais atento às dimensões espaciais:

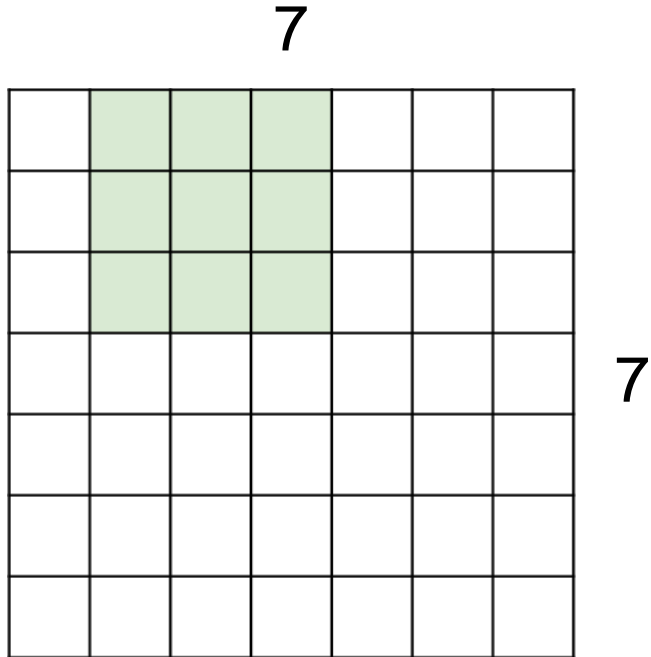


Entrada 7×7 (espacialmente)

Assumindo um filtro 3×3 com **passo = 1**

Camada Convolutiva – Tamanho do Passo

Um olhar mais atento às dimensões espaciais:

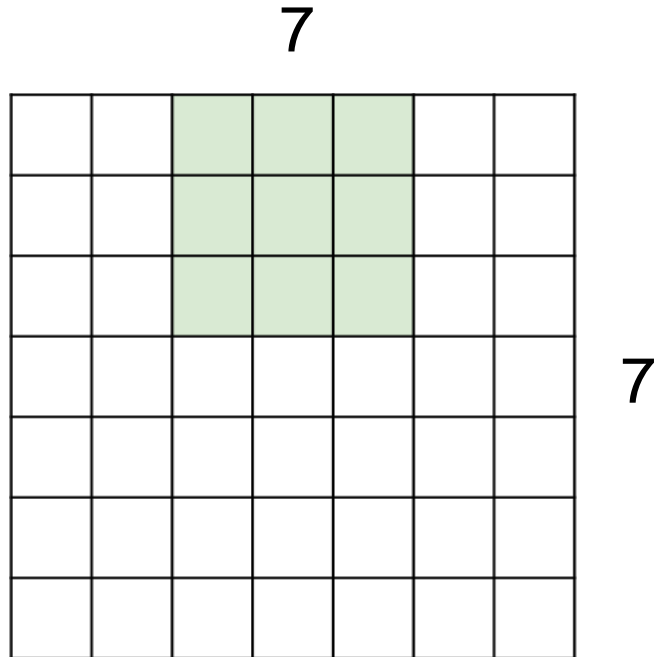


Entrada 7×7 (especialmente)

Assumindo um filtro 3×3 com **passo = 1**

Camada Convolutiva – Tamanho do Passo

Um olhar mais atento às dimensões espaciais:

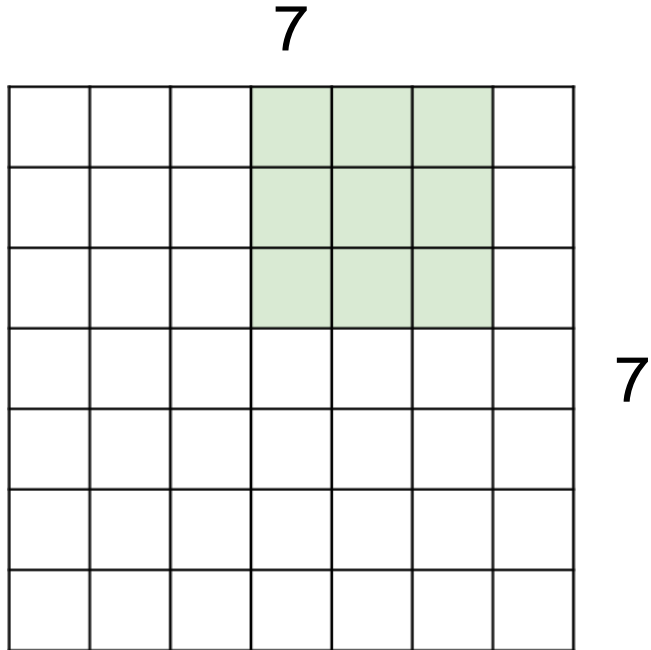


Entrada 7×7 (espacialmente)

Assumindo um filtro 3×3 com **passo = 1**

Camada Convolutacional – Tamanho do Passo

Um olhar mais atento às dimensões espaciais:

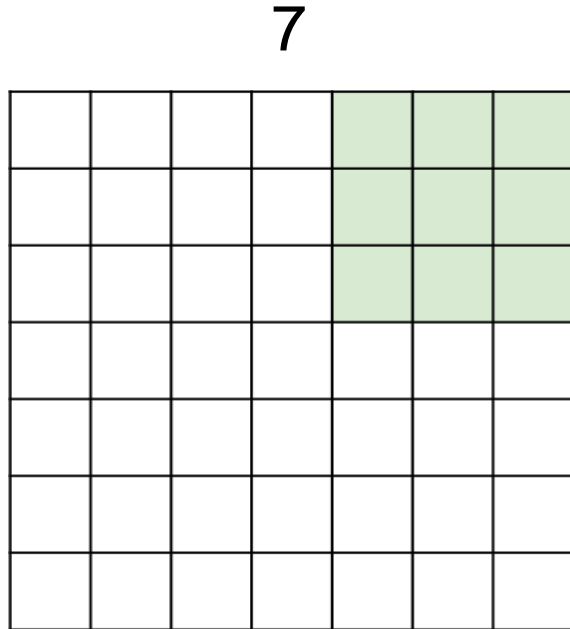


Entrada 7×7 (especialmente)

Assumindo um filtro 3×3 com **passo = 1**

Camada Convolutiva – Tamanho do Passo

Um olhar mais atento às dimensões espaciais:



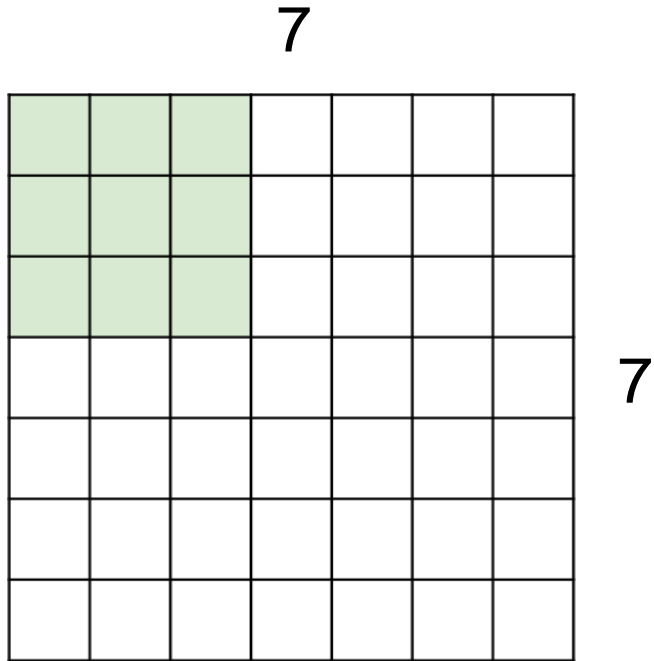
Entrada 7×7 (espacialmente)

Assumindo um filtro 3×3 com **passo = 1**

7 \Rightarrow **Saída 5×5 (para passo = 1)**

Camada Convolutiva – Tamanho do Passo

Um olhar mais atento às dimensões espaciais:

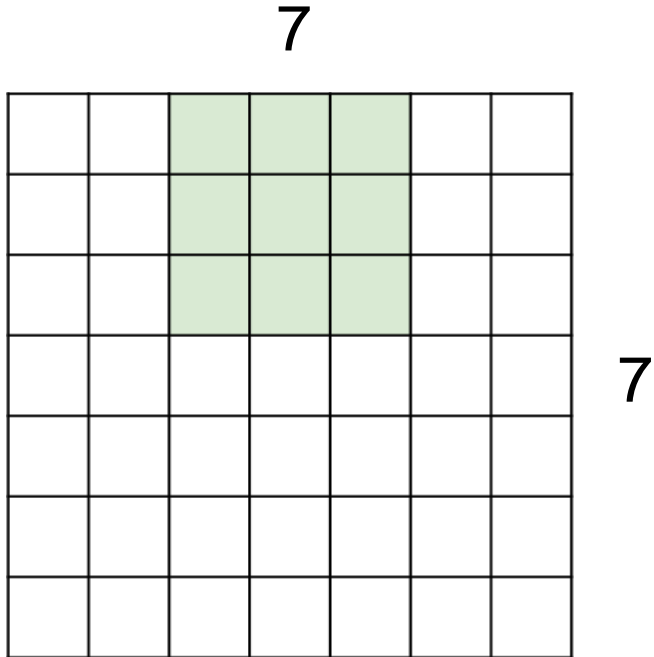


Entrada 7×7 (espacialmente)

Assumindo um filtro 3×3 com **passo = 2**

Camada Convolutiva – Tamanho do Passo

Um olhar mais atento às dimensões espaciais:

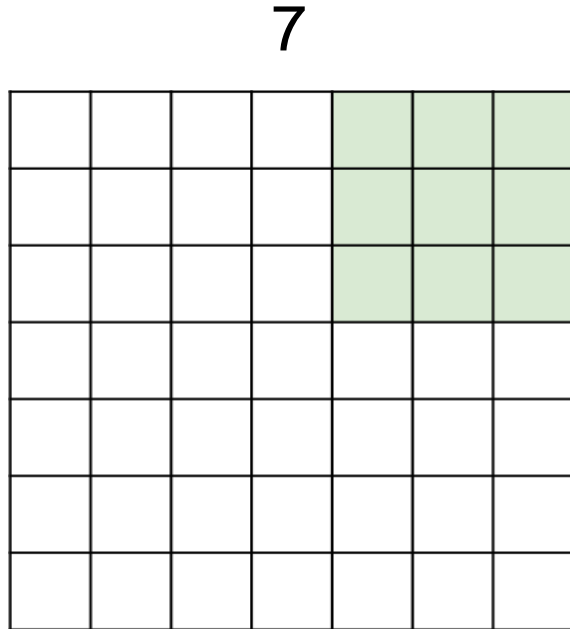


Entrada 7×7 (espacialmente)

Assumindo um filtro 3×3 com **passo = 2**

Camada Convolutiva – Tamanho do Passo

Um olhar mais atento às dimensões espaciais:



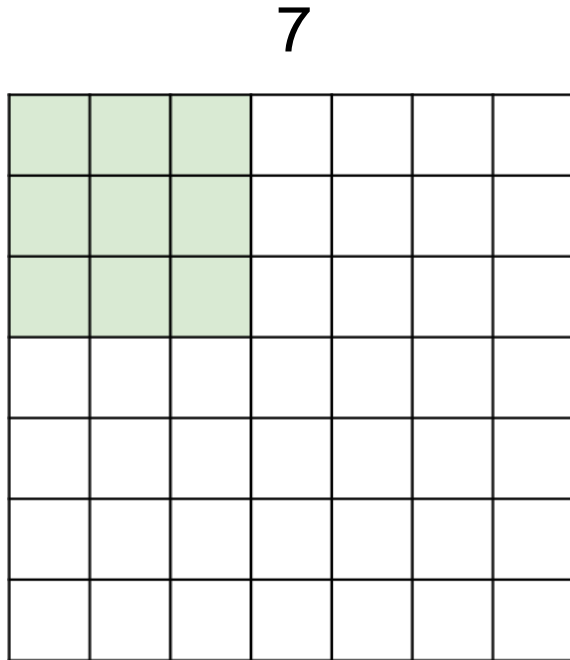
Entrada 7×7 (especialmente)

Assumindo um filtro 3×3 com **passo = 2**

7 \Rightarrow **Saída 3×3 (para passo = 2)**

Camada Convolutiva – Tamanho do Passo

Um olhar mais atento às dimensões espaciais:



Entrada 7×7 (especialmente)

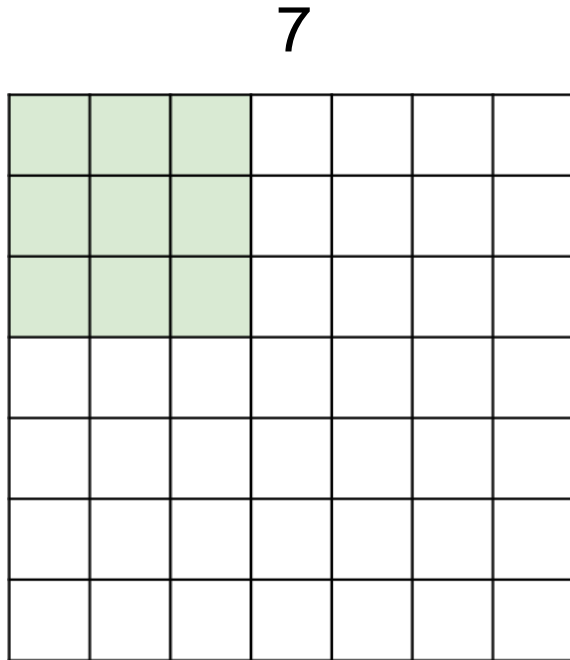
Assumindo um filtro 3×3 com **passo = 3**

7

Qual é a saída?

Camada Convolutacional – Tamanho do Passo

Um olhar mais atento às dimensões espaciais:



7

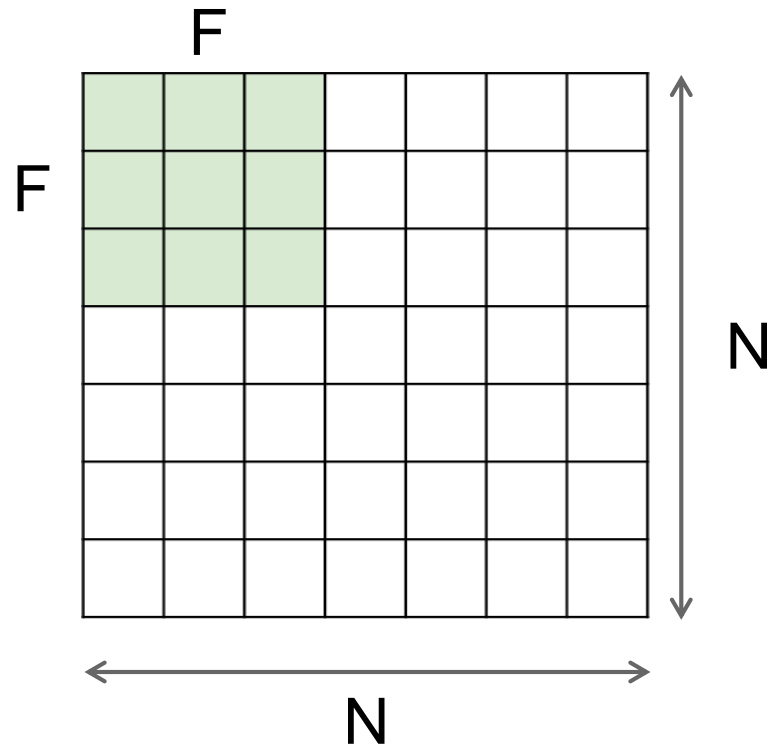
Entrada 7×7 (especialmente)

Assumindo um filtro 3×3 com **passo = 3**

Não se encaixa adequadamente!

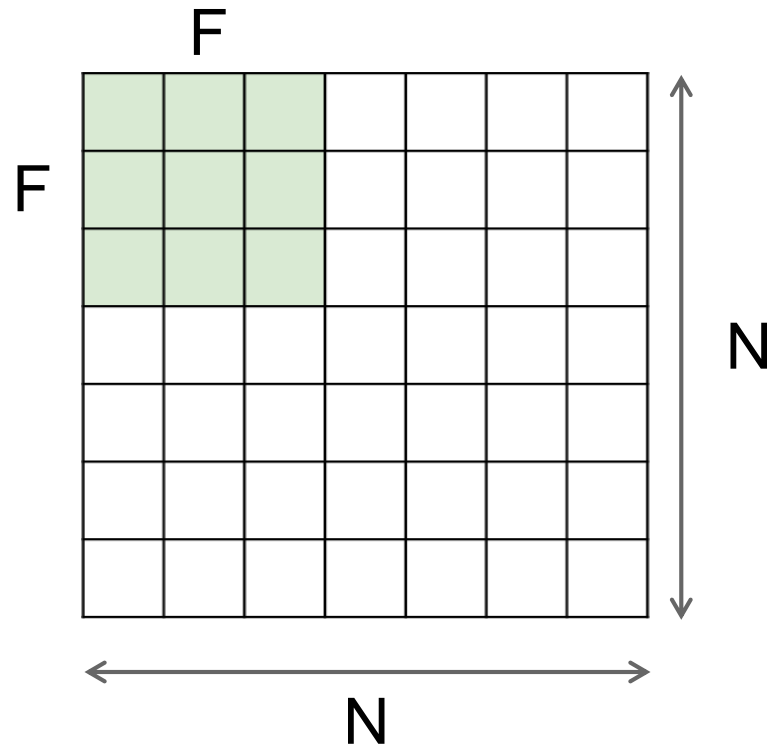
Não é possível aplicar o filtro 3×3 na entrada 7×7 com o passo 3

Camada Convolutacional – Tamanho do Passo



Tamanho da saída:
 $(N - F) / \text{passo} + 1$

Camada Convolutacional – Tamanho do Passo

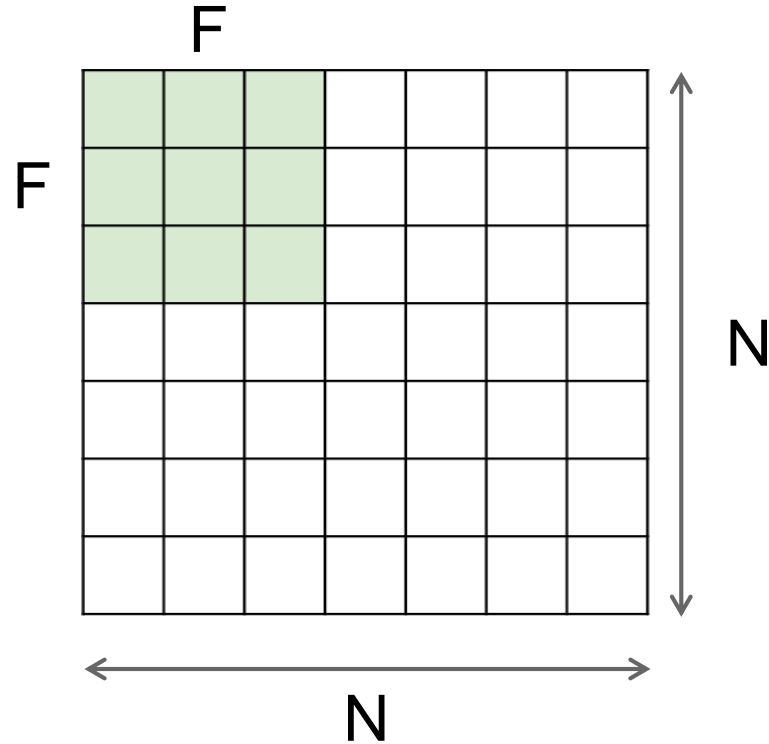


Tamanho da saída:

$$(N - F) / \text{passo} + 1$$

p.ex. $N = 7$, $F = 3$:

Camada Convolutacional – Tamanho do Passo



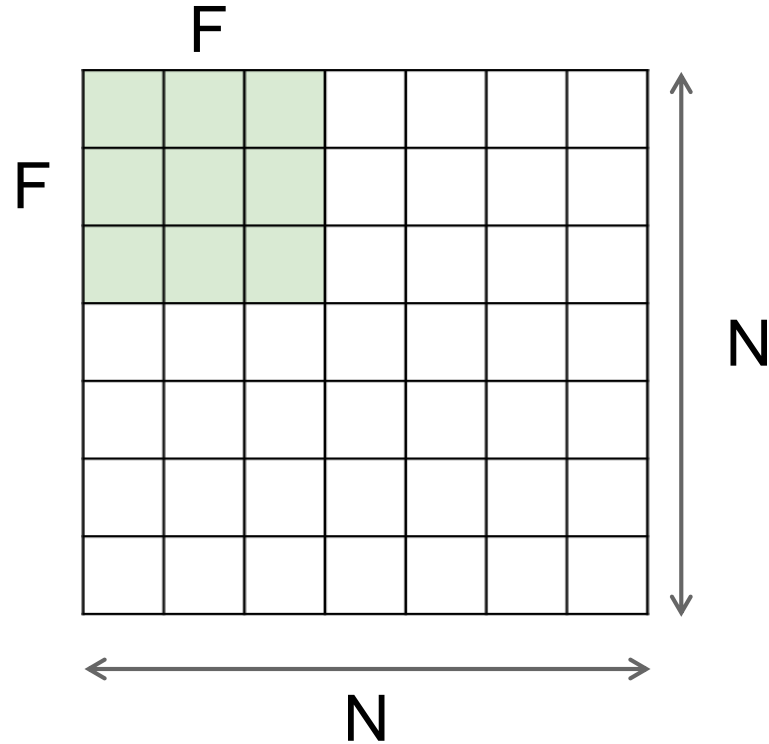
Tamanho da saída:

$$(N - F) / \text{passo} + 1$$

p.ex. $N = 7$, $F = 3$:

- passo 1 $\Rightarrow (7 - 3) / 1 + 1 = 5$

Camada Convolutacional – Tamanho do Passo



Tamanho da saída:

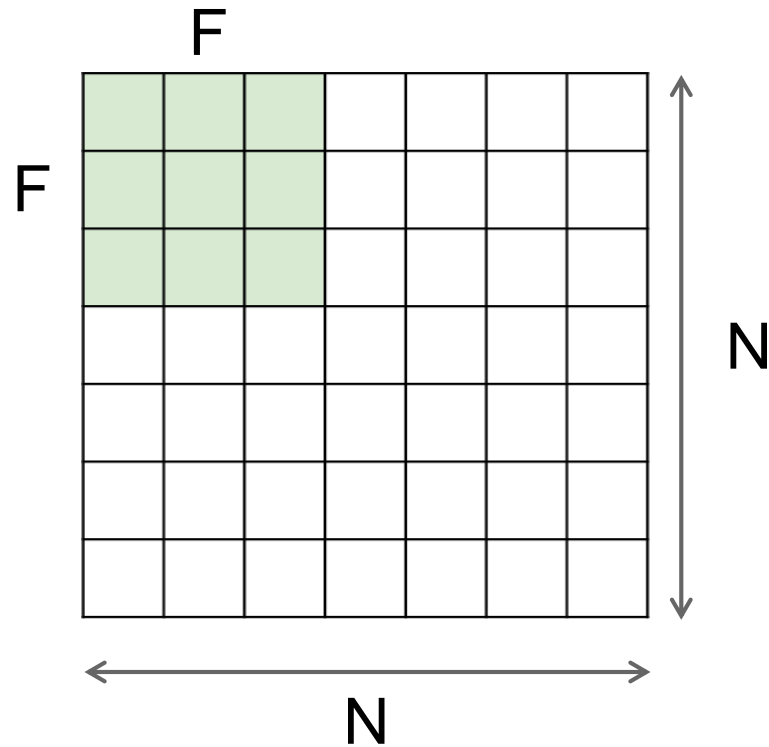
$$(N - F) / \text{passo} + 1$$

p.ex. $N = 7$, $F = 3$:

- passo 1 $\Rightarrow (7 - 3) / 1 + 1 = 5$

- passo 2 $\Rightarrow (7 - 3) / 2 + 1 = 3$

Camada Convolutucional – Tamanho do Passo



Tamanho da saída:

$$(N - F) / \text{passo} + 1$$

p.ex. $N = 7$, $F = 3$:

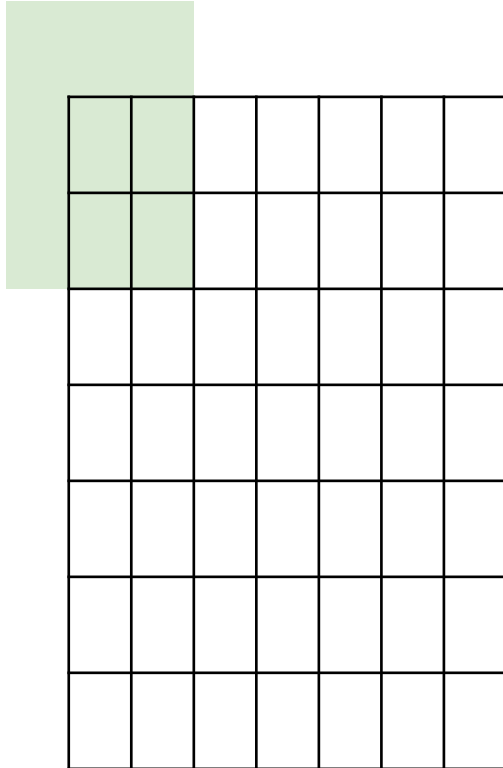
- passo 1 $\Rightarrow (7 - 3)/1 + 1 = 5$

- passo 2 $\Rightarrow (7 - 3)/2 + 1 = 3$

- passo 3 $\Rightarrow (7 - 3)/3 + 1 = \mathbf{2,33}$ ☹️

Camada Convolutacional – Preenchimento

Problema de cálculo nas bordas



Entrada 7×7

Filtro 3×3 aplicado com **passo** = 1

Camada Convolutacional – Preenchimento

Problema de cálculo nas bordas

0	0	0	0	0	0			
0								
0								
0								
0								

Entrada 7×7

Filtro 3×3 aplicado com **passo = 1**

⇒ Na prática, é comum se acrescentar uma **borda de zeros** !

Camada Convolutucional – Preenchimento

Problema de cálculo nas bordas

0	0	0	0	0	0			
0								
0								
0								
0								

Entrada 7×7

Filtro 3×3 aplicado com **passo = 1**

Preenchimento (*padding*) com borda de tamanho 1

Qual é a saída?

⇒ Na prática, é comum se acrescentar uma **borda de zeros** !

Camada Convolutiva – Preenchimento

Problema de cálculo nas bordas

0	0	0	0	0	0			
0								
0								
0								
0								

Entrada 7×7

Filtro 3×3 aplicado com **passo = 1**

Preenchimento (*padding*) com borda de tamanho 1

Qual é a saída? \Rightarrow **Saída 7×7**

\Rightarrow Na prática, é comum se acrescentar uma **borda de zeros** !

Camada Convolutiva – Preenchimento

Problema de cálculo nas bordas

0	0	0	0	0	0			
0								
0								
0								
0								

Entrada 7×7

Filtro 3×3 aplicado com **passo = 1**

Preenchimento (*padding*) com borda de tamanho 1

Qual é a saída? ⇒ **Saída 7×7**

É comum, camadas convolucionais com passo 1, filtros de tamanho F e preenchimento **pad = $(F - 1)/2$** zeros (para preservar as dimensões espaciais)

⇒ Na prática, é comum se acrescentar uma **borda de zeros** !

Camada Convolutacional – Preenchimento

Problema de cálculo nas bordas

0	0	0	0	0	0			
0								
0								
0								
0								

Entrada 7×7

Filtro 3×3 aplicado com **passo = 1**

Preenchimento (*padding*) com borda de tamanho 1

Qual é a saída? ⇒ **Saída 7×7**

É comum, camadas convolucionais com passo 1, filtros de tamanho F e preenchimento **pad = $(F - 1)/2$** zeros (para preservar as dimensões espaciais)

p.ex. $F = 3 \Rightarrow$ preenchimento com 1 zero

$F = 5 \Rightarrow$ preenchimento com 2 zeros

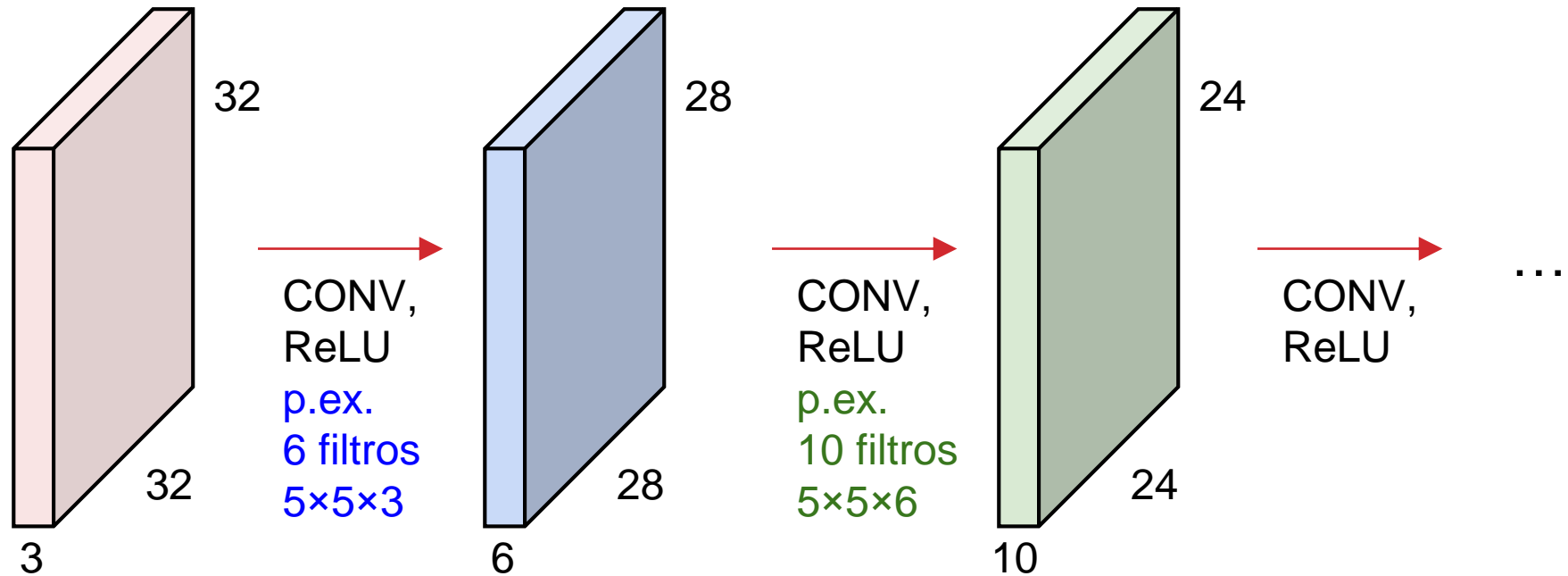
$F = 7 \Rightarrow$ preenchimento com 3 zeros

⇒ Na prática, é comum se acrescentar uma **borda de zeros** !

Camada Convolutiva – Preenchimento

Lembre-se ...

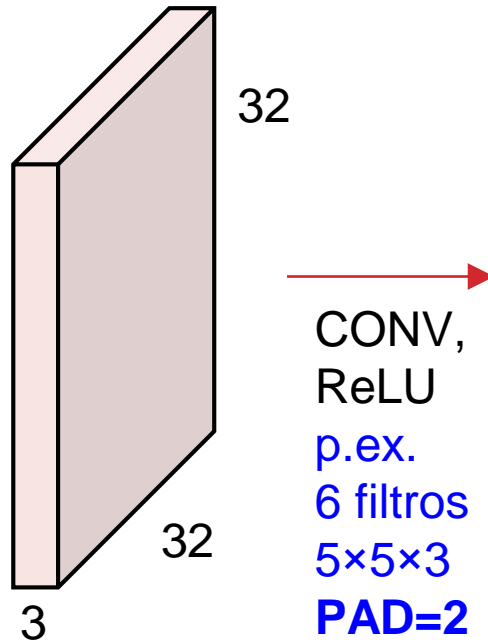
Por exemplo, uma entrada 32x32 convoluída repetidamente com filtros 5x5 reduz o volume espacialmente! (32 → 28 → 24 ...) Encolher muito rápido não é bom e não funciona bem!



Camada Convolutiva – Preenchimento

Lembre-se ...

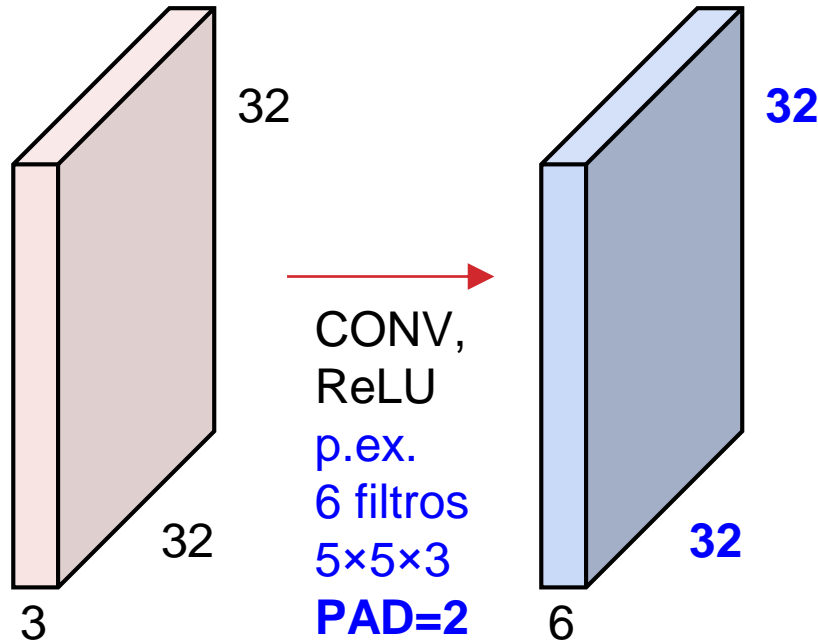
Por exemplo, uma entrada 32x32 convoluída repetidamente com filtros 5x5 reduz o volume espacialmente! (32 → 28 → 24 ...) Encolher muito rápido não é bom e não funciona bem!



Camada Convolutiva – Preenchimento

Lembre-se ...

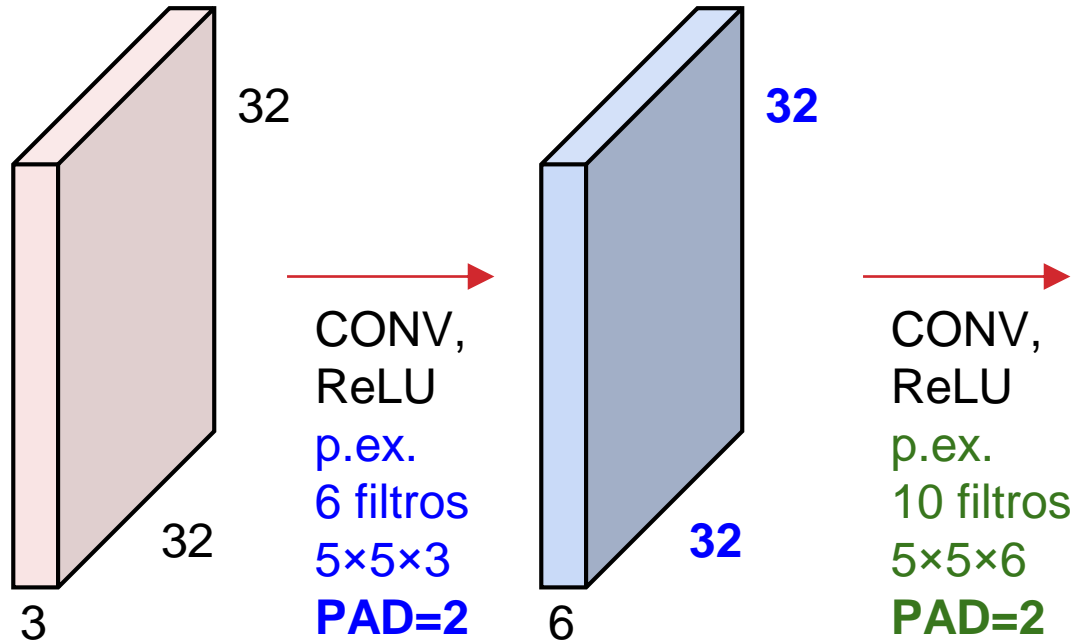
Por exemplo, uma entrada 32x32 convoluída repetidamente com filtros 5x5 reduz o volume espacialmente! (32 → 28 → 24 ...) Encolher muito rápido não é bom e não funciona bem!



Camada Convolutiva – Preenchimento

Lembre-se ...

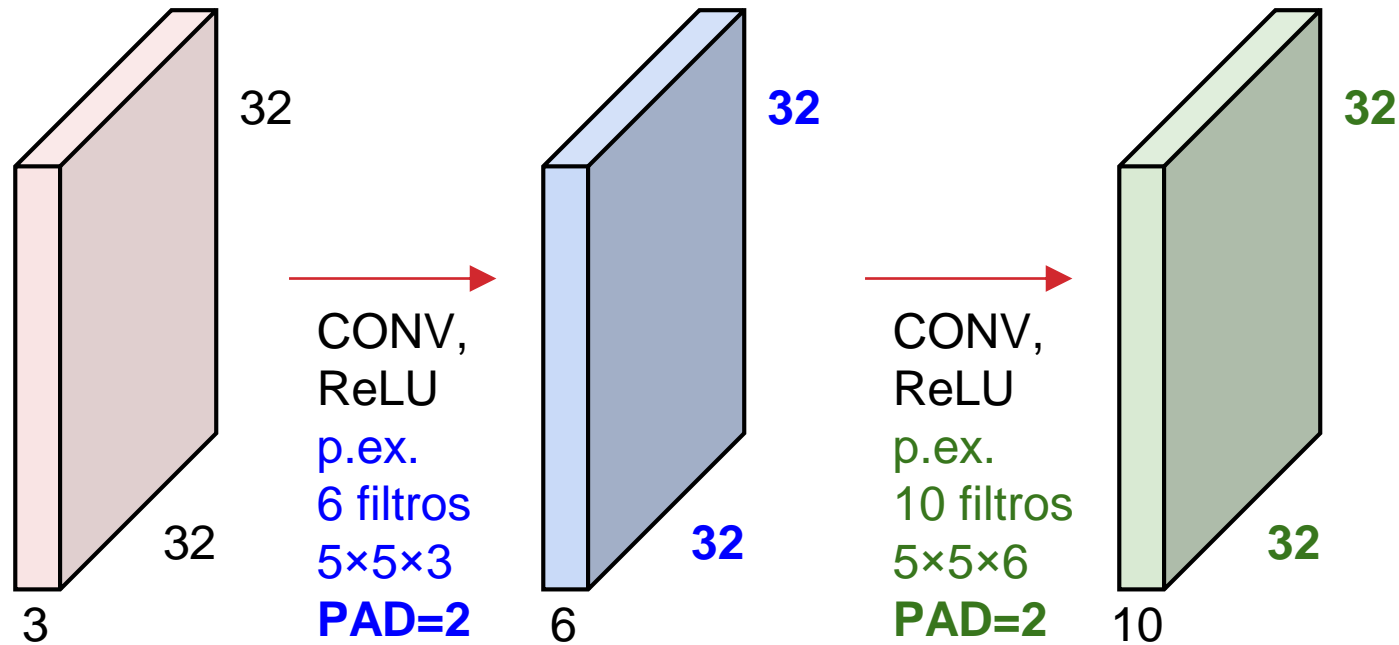
Por exemplo, uma entrada 32x32 convoluída repetidamente com filtros 5x5 reduz o volume espacialmente!
(32 → 28 → 24 ...) Encolher muito rápido não é bom e não funciona bem!



Camada Convolutiva – Preenchimento

Lembre-se ...

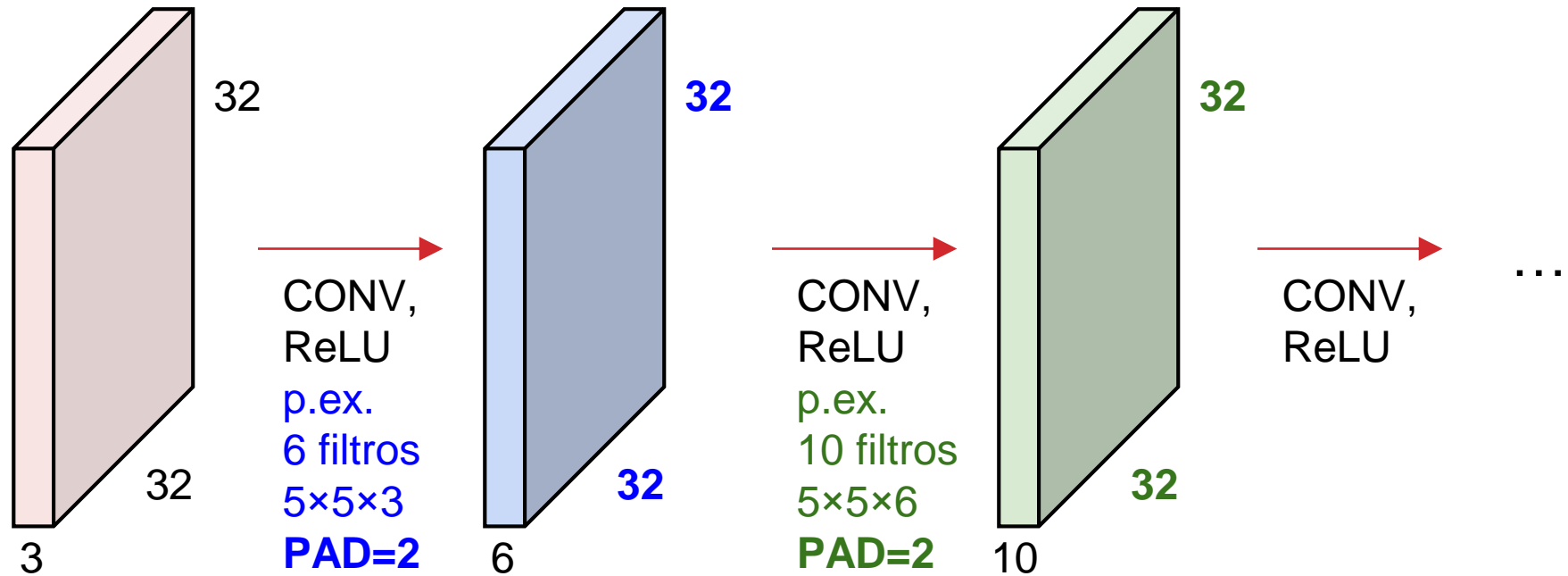
Por exemplo, uma entrada 32x32 convoluída repetidamente com filtros 5x5 reduz o volume espacialmente! (32 → 28 → 24 ...) Encolher muito rápido não é bom e não funciona bem!



Camada Convolutiva – Preenchimento

Lembre-se ...

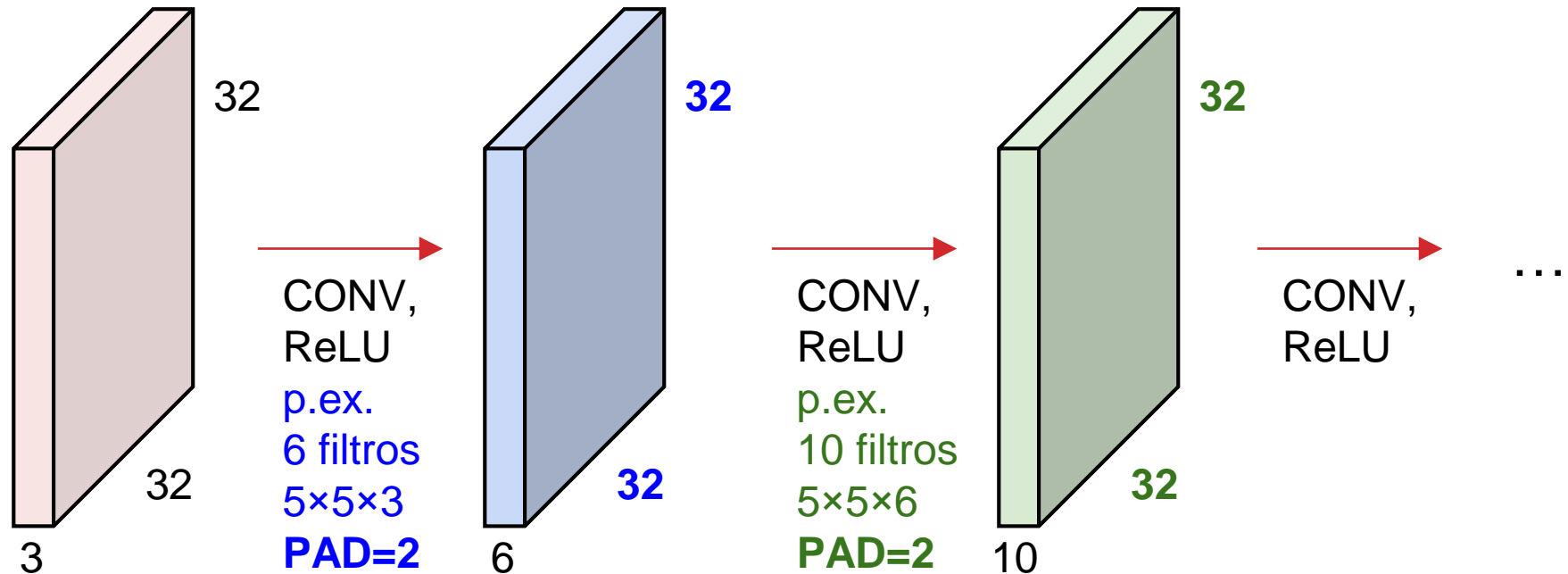
Por exemplo, uma entrada 32x32 convoluída repetidamente com filtros 5x5 reduz o volume espacialmente! (32 → 28 → 24 ...) Encolher muito rápido não é bom e não funciona bem!



Camada Convolutiva – Preenchimento

Lembre-se ...

Por exemplo, uma entrada 32x32 convoluída repetidamente com filtros 5x5 reduz o volume espacialmente! (32 → 28 → 24 ...) Encolher muito rápido não é bom e não funciona bem!



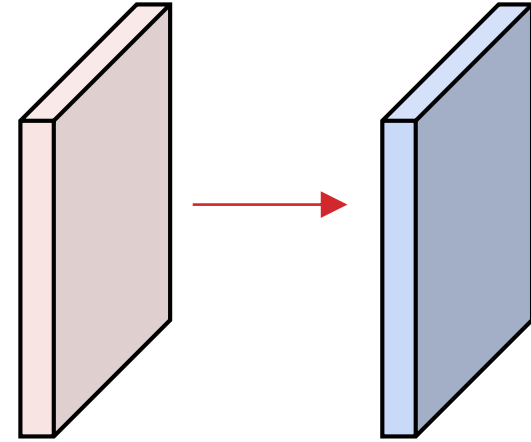
Preenchimento ajuda a minimizar o efeito da redução rápida de dimensionalidade espacial

Camada Convolutacional – Detalhes

Volume de entrada: **32×32×3**

10 filtros 5×5 com passo = 1, preenchimento = 2

Tamanho do volume de saída: ?



Camada Convolutacional – Detalhes

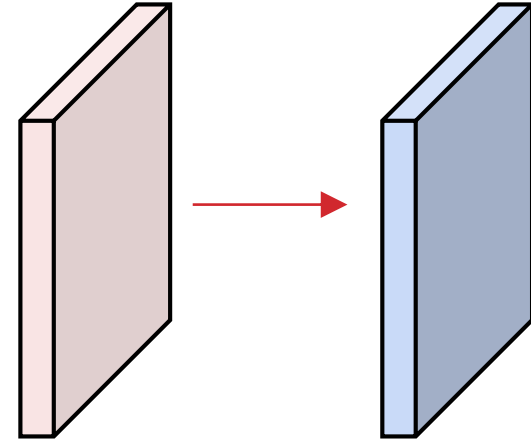
Volume de entrada: $32 \times 32 \times 3$

10 filtros 5×5 com passo = 1 , preenchimento = 2

Tamanho do volume de saída:

$$(32 + 2 \times 2 - 5) / 1 + 1 = 32 \text{ espacialmente,}$$

Portanto o volume de saída é $32 \times 32 \times \mathbf{10}$

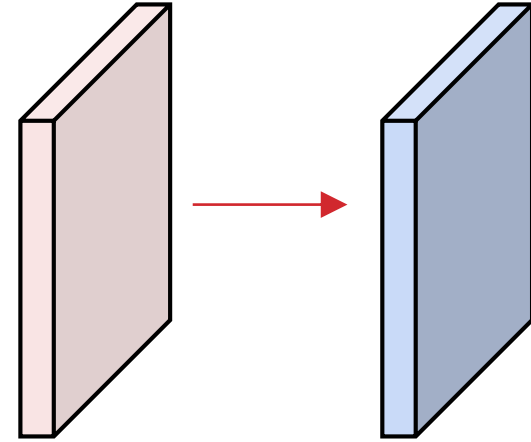


Camada Convolutacional – Detalhes

Volume de entrada: **32×32×3**

10 filtros 5×5 com passo = 1, preenchimento = 2

Número de parâmetros nessa camada: ?



Camada Convolutacional – Detalhes

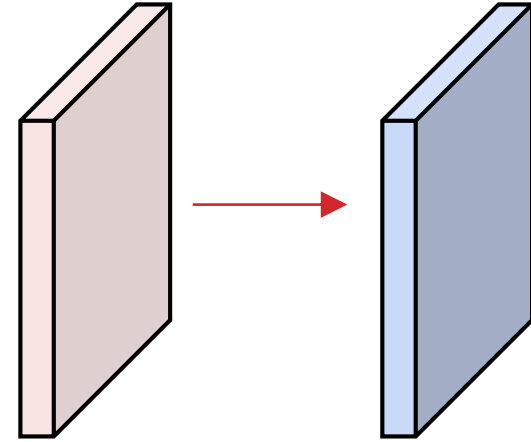
Volume de entrada: $32 \times 32 \times 3$

10 filtros 5×5 com passo = 1, preenchimento = 2

Número de parâmetros nessa camada:

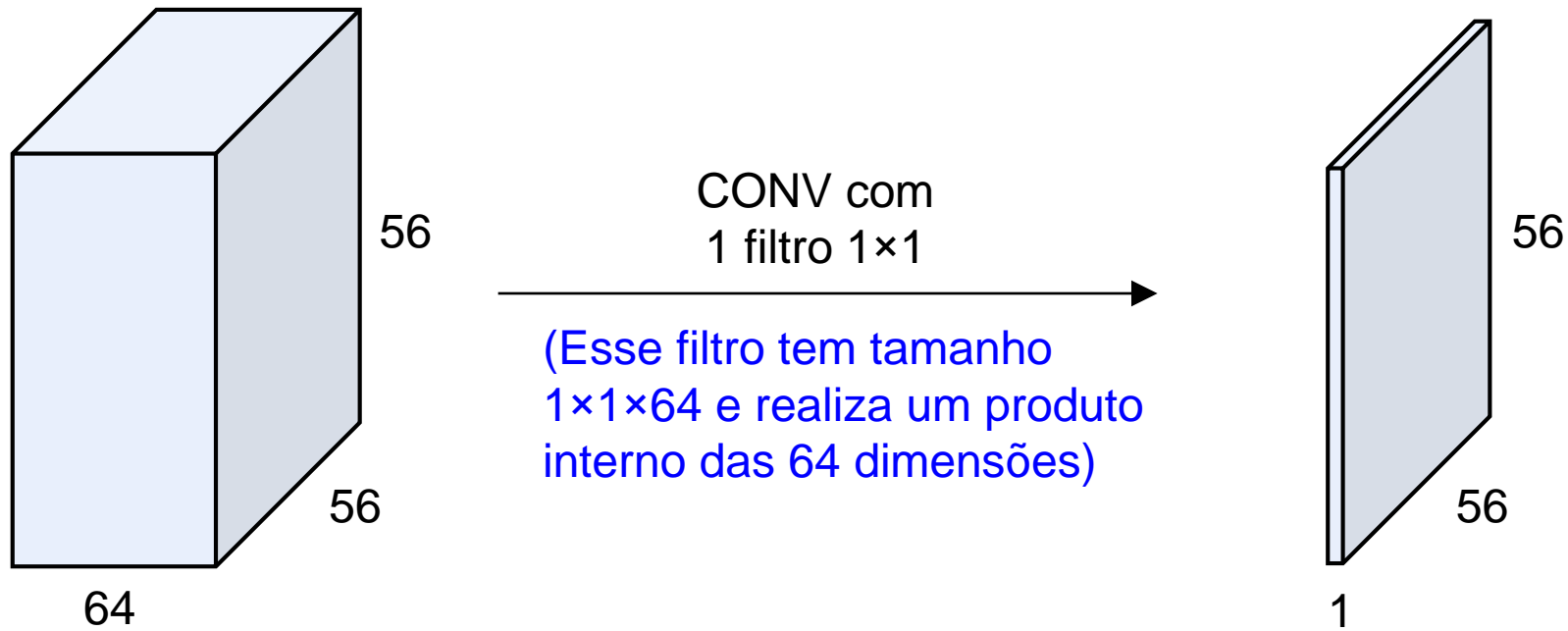
Cada filtro possui $5 \times 5 \times 3 + 1 = 76$ params (+1 para o viés)

Como são 10 filtros $\Rightarrow 76 \times 10 = 760$ params



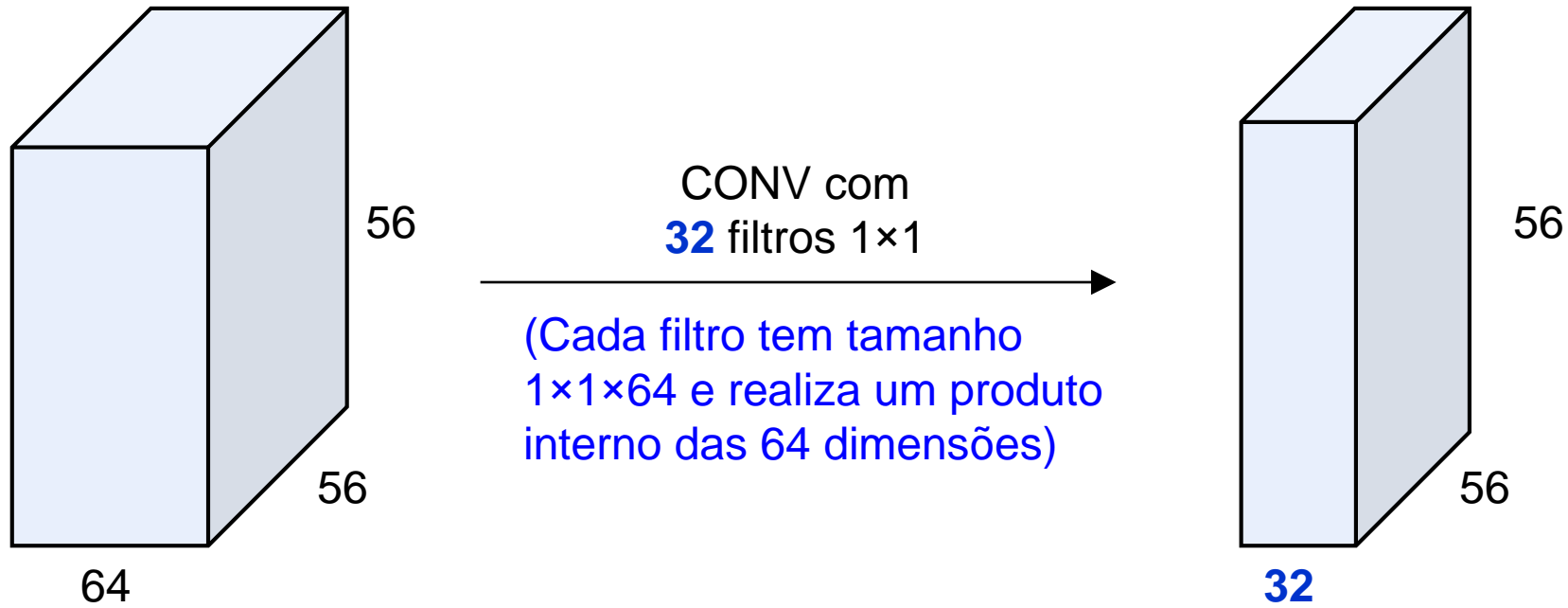
Camada Convolutiva

OBS: Camadas convolucionais 1×1 também fazem sentido!

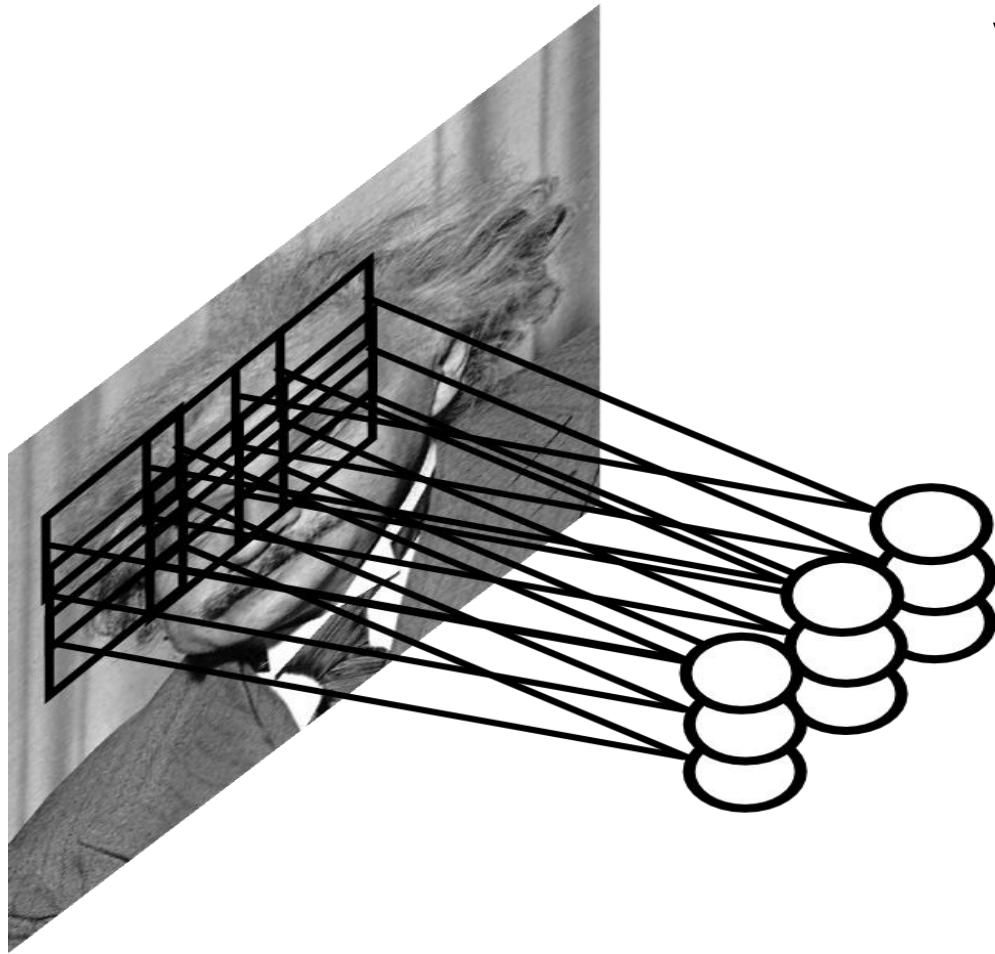


Camada Convolutiva

OBS: Camadas convolucionais 1×1 também fazem sentido!



Camada de Agrupamento (*Pooling*)



Vamos supor que o filtro seja um detector de “olhos”

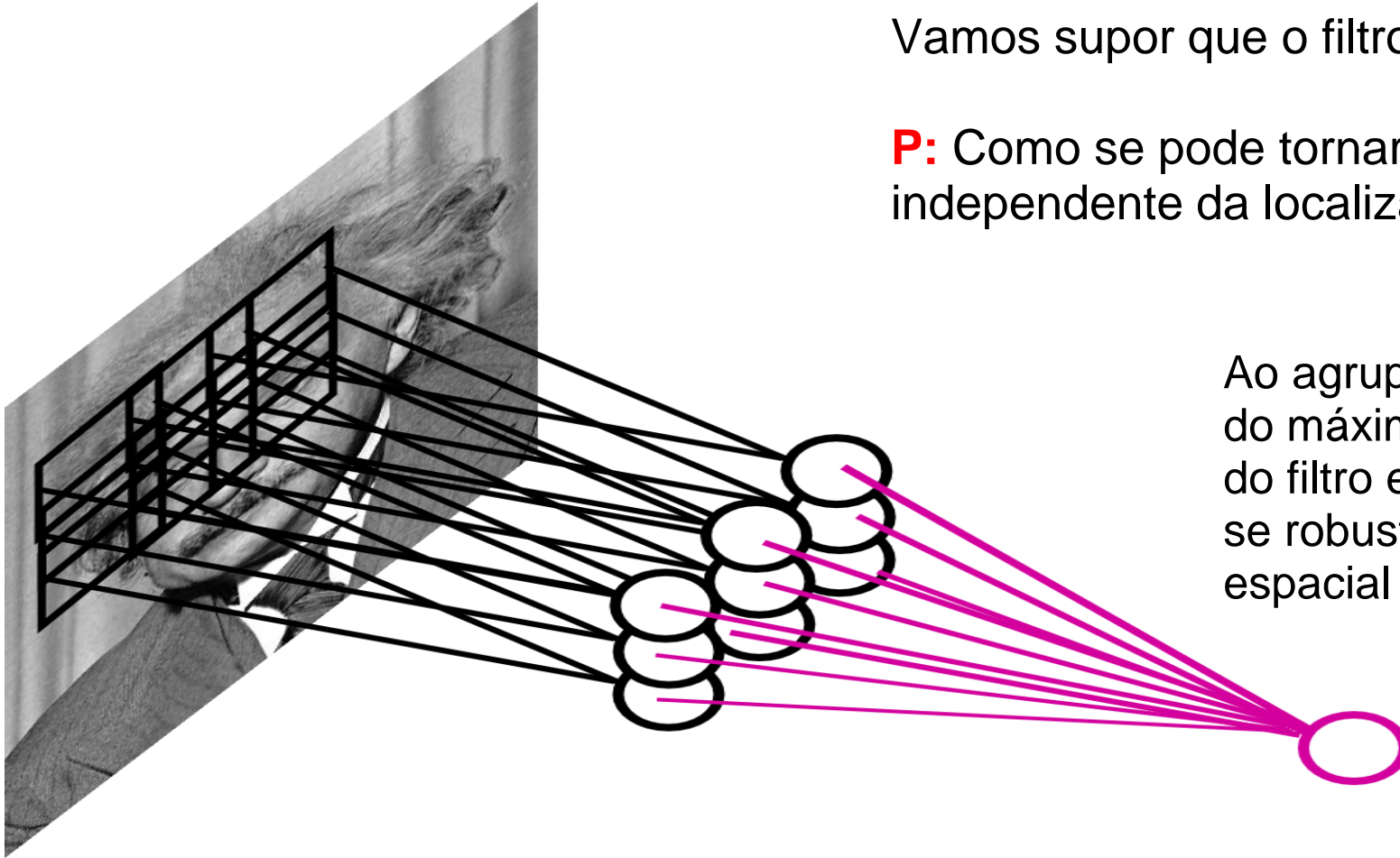
P: Como se pode tornar a detecção mais robusta e independente da localização exata do olho?

Camada de Agrupamento (*Pooling*)

Vamos supor que o filtro seja um detector de “olhos”

P: Como se pode tornar a detecção mais robusta e independente da localização exata do olho?

Ao agrupar (por exemplo, por meio do máximo ou média) as respostas do filtro em diferentes locais, ganha-se robustez em relação a localização espacial exata de uma característica

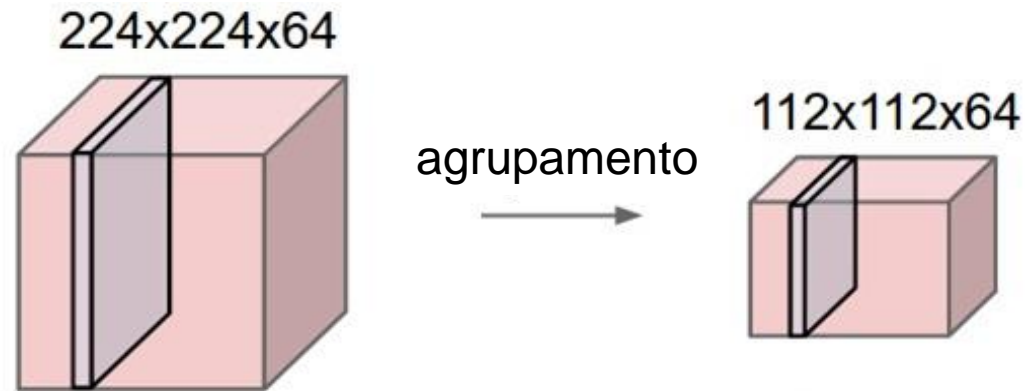


Camada de Agrupamento (*Pooling*)

- Torna as representações menores e mais gerenciáveis

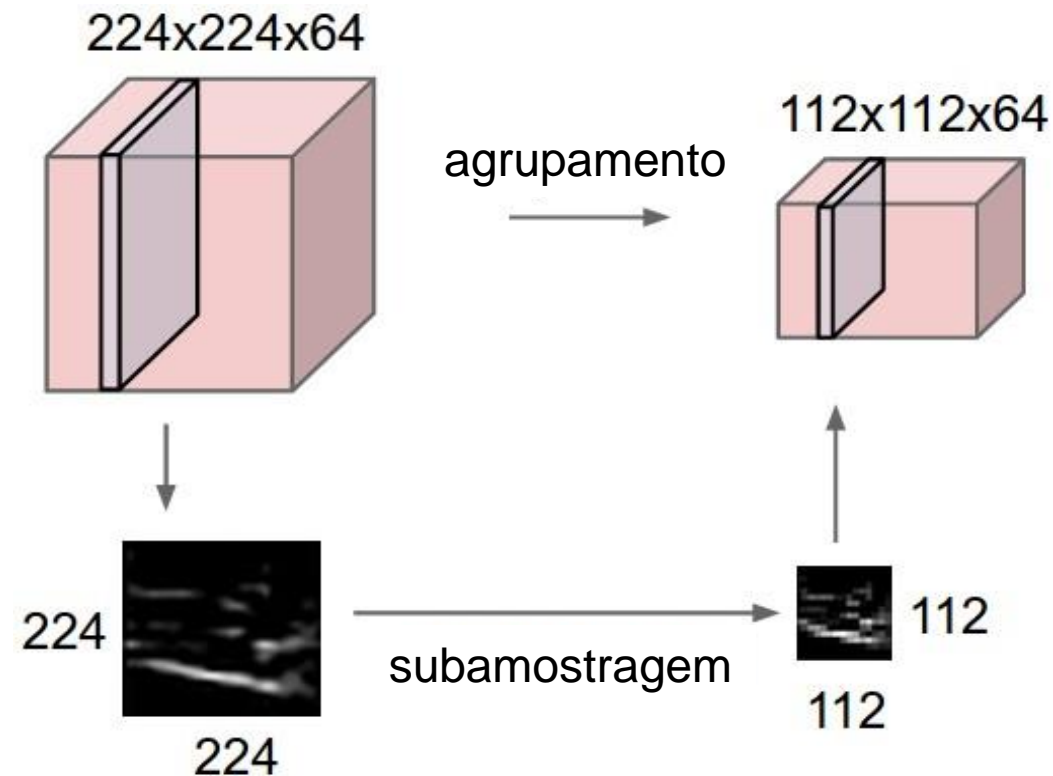
Camada de Agrupamento (*Pooling*)

- Torna as representações menores e mais gerenciáveis
- Opera sobre cada mapa de ativação de forma independente



Camada de Agrupamento (*Pooling*)

- Torna as representações menores e mais gerenciáveis
- Opera sobre cada mapa de ativação de forma independente



Camada de Agrupamento (*Pooling*)

Agrupamento utiliza uma operação para condensar as informações:

- Máximo
- Média
- L^2

Camada de Agrupamento (*Pooling*)

Agrupamento utiliza uma operação para condensar as informações:

- Máximo
- Média
- L^2

Exemplo de agrupamento pelo máximo (*max pooling*)

1	1	2	4
5	6	7	8
3	2	1	0
1	2	3	4

Um único mapa

Agrupamento pelo max
com filtros 2×2 e passo 2

Camada de Agrupamento (*Pooling*)

Agrupamento utiliza uma operação para condensar as informações:

- Máximo
- Média
- L^2

Exemplo de agrupamento pelo máximo (*max pooling*)

1	1	2	4
5	6	7	8
3	2	1	0
1	2	3	4

Um único mapa

Agrupamento pelo max
com filtros 2×2 e passo 2



Camada de Agrupamento (*Pooling*)

Agrupamento utiliza uma operação para condensar as informações:

- Máximo
- Média
- L^2

Exemplo de agrupamento pelo máximo (*max pooling*)

1	1	2	4
5	6	7	8
3	2	1	0
1	2	3	4

Um único mapa

Agrupamento pelo max
com filtros 2×2 e passo 2



6	

Camada de Agrupamento (*Pooling*)

Agrupamento utiliza uma operação para condensar as informações:

- Máximo
- Média
- L^2

Exemplo de agrupamento pelo máximo (*max pooling*)

1	1	2	4
5	6	7	8
3	2	1	0
1	2	3	4

Um único mapa

Agrupamento pelo max
com filtros 2×2 e passo 2

6	8

Camada de Agrupamento (*Pooling*)

Agrupamento utiliza uma operação para condensar as informações:

- Máximo
- Média
- L^2

Exemplo de agrupamento pelo máximo (*max pooling*)

1	1	2	4
5	6	7	8
3	2	1	0
1	2	3	4

Um único mapa

Agrupamento pelo max
com filtros 2×2 e passo 2

6	8
3	

Camada de Agrupamento (*Pooling*)

Agrupamento utiliza uma operação para condensar as informações:

- Máximo
- Média
- L^2

Exemplo de agrupamento pelo máximo (*max pooling*)

1	1	2	4
5	6	7	8
3	2	1	0
1	2	3	4

Um único mapa

Agrupamento pelo max
com filtros 2×2 e passo 2

6	8
3	4