Pós Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação
Universidade Federal do Ceará – Campus Sobral

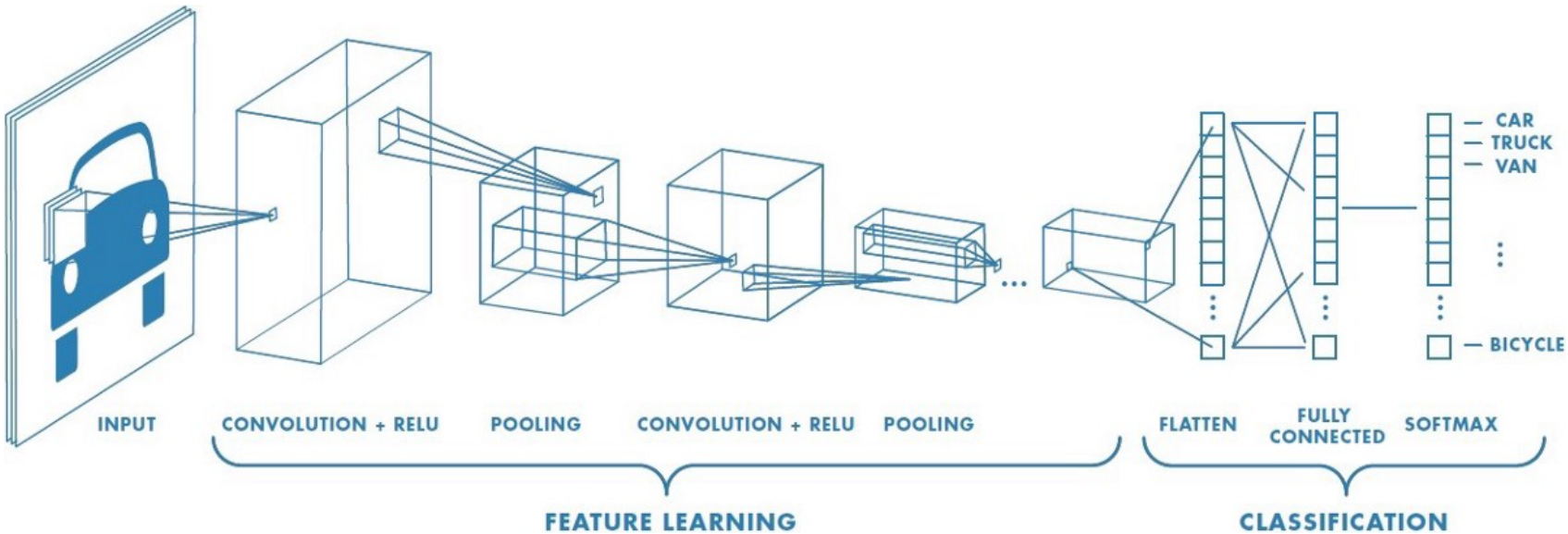
Redes Neurais Convolucionais

David Borges
davidborges@protonmail.com

05 de Junho, 2019

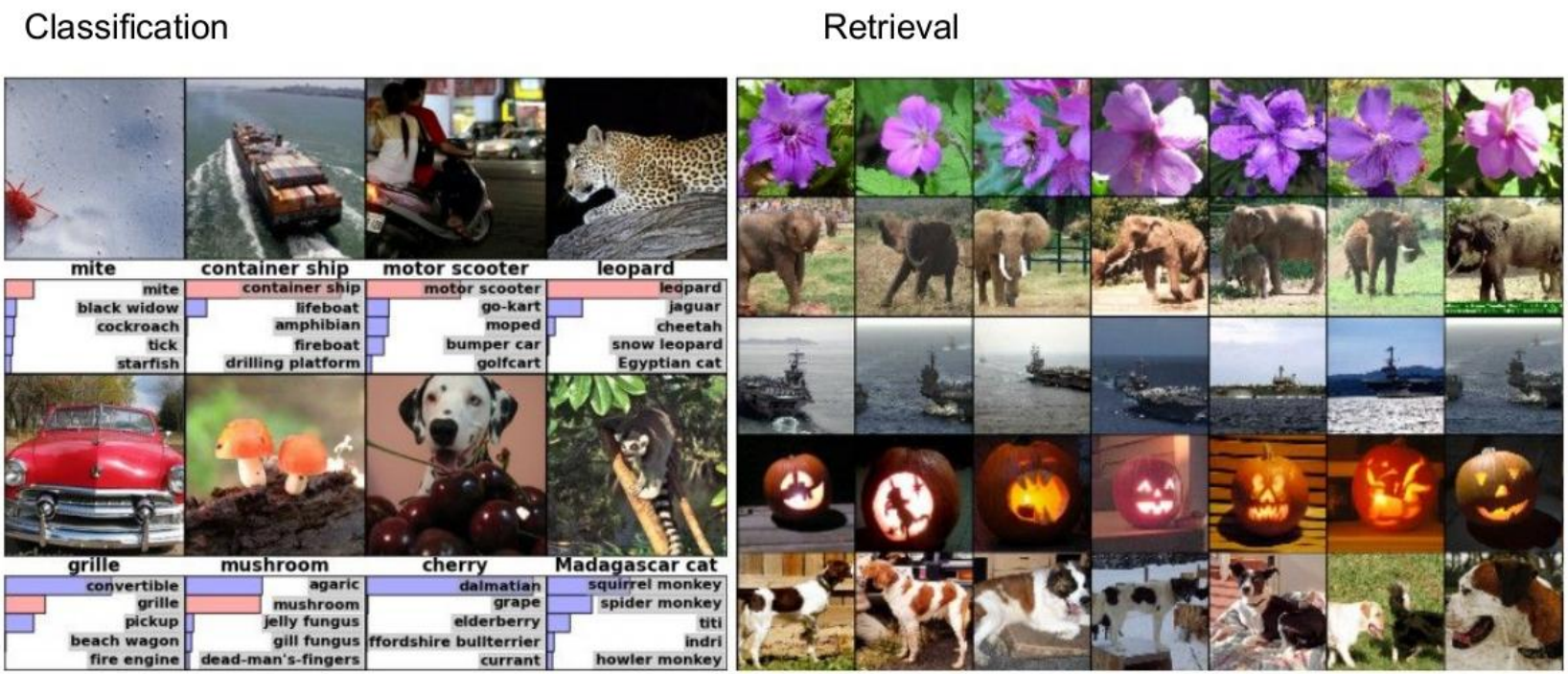
Redes neurais convolucionais

CNN Convolutional neural networks.



Fonte: https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53

Aplicações



Figures copyright Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, and Geoffrey Hinton, 2012. Reproduced with permission.

Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

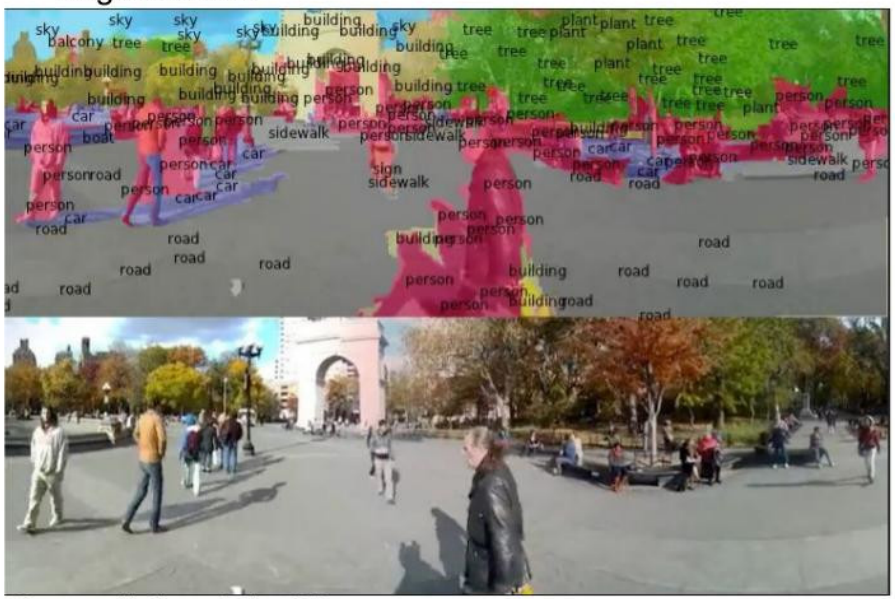
Aplicações

Detection

Figures copyright Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girschick, Jian Sun, 2015. Reproduced with permission.

[Faster R-CNN: Ren, He, Girshick, Sun 2015]

Segmentation

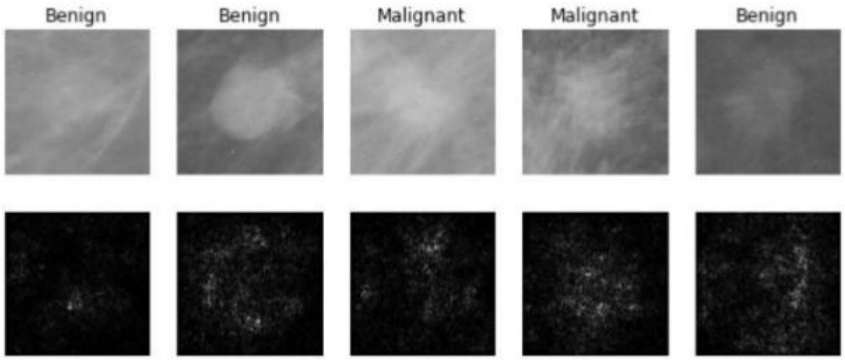


Figures copyright Clement Farabet, 2012. Reproduced with permission.

[Farabet et al., 2012]

Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Aplicações



[Levy et al. 2016]

Figure copyright Levy et al. 2016.
Reproduced with permission.

[Dieleman et al. 2014]

From left to right: public domain by NASA, usage permitted by ESA/Hubble, public domain by NASA, and public domain.

[Sermanet et al. 2011]
[Ciresan et al.]

Photos by Lane McIntosh.
Copyright CS231n 2017.

Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Aplicações

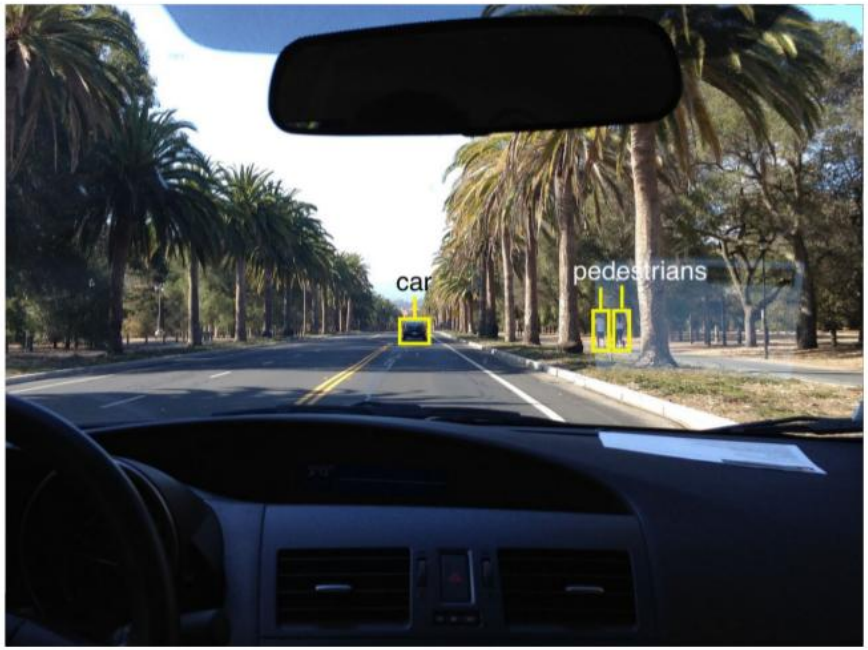


Photo by Lane McIntosh. Copyright CS231n 2017.

self-driving cars

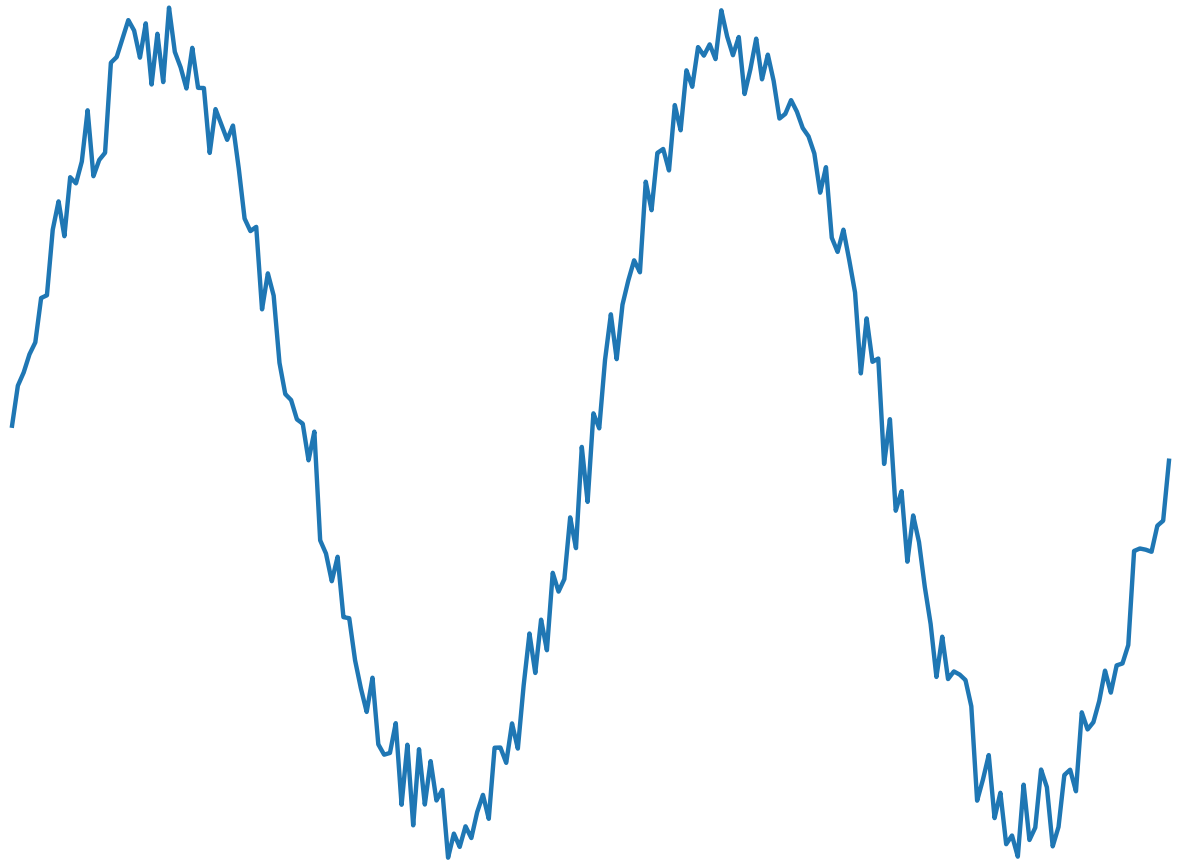
This image by GBPublic_PR is licensed under CC-BY 2.0

NVIDIA Tesla line
(these are the GPUs on rye01.stanford.edu)

Note that for embedded systems a typical setup would involve NVIDIA Tegras, with integrated GPU and ARM-based CPU cores.

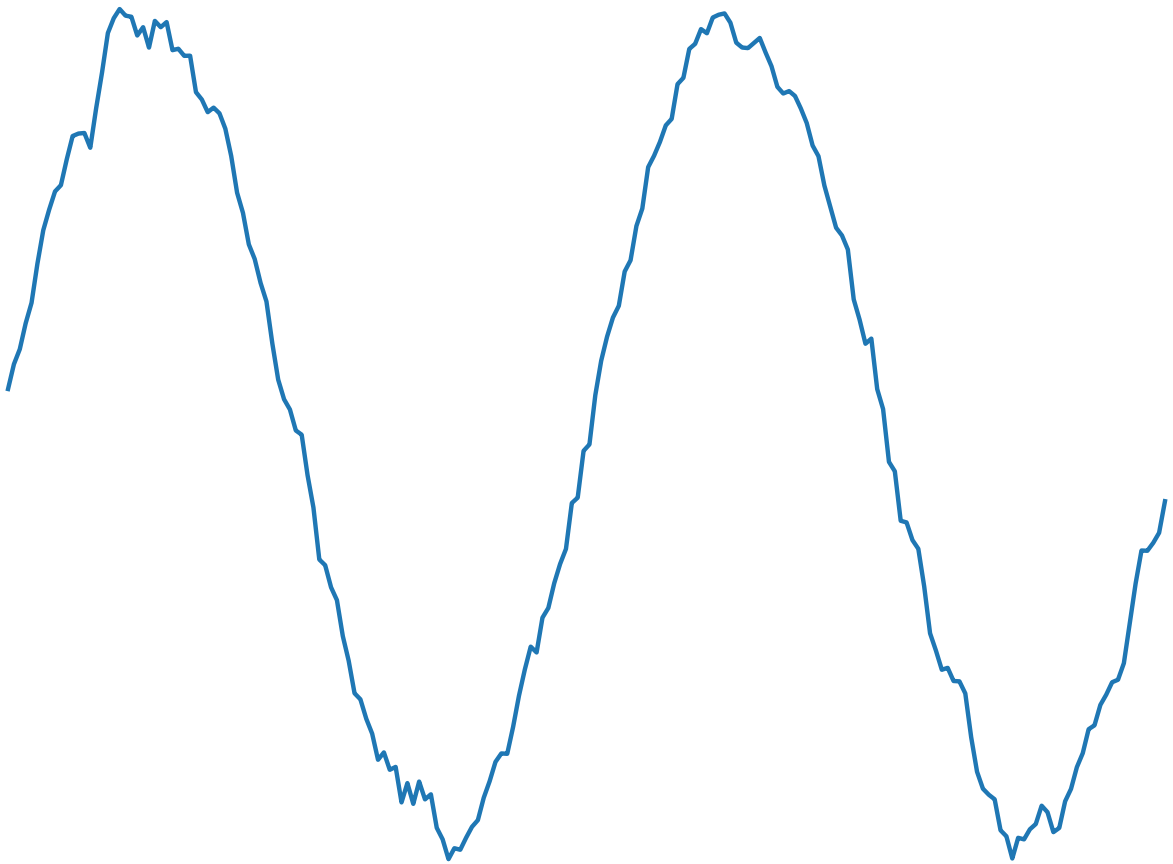
Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Filtros e convoluções



Ruído Como suavizar o sinal?

Filtros e convoluções



Média móvel aplicada com vizinhança de tamanho 3.

Filtros e convoluções

Média móvel é um caso especial da operação de convolução discreta.

Convolução $(f * g)[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f[m]g[n-m]$

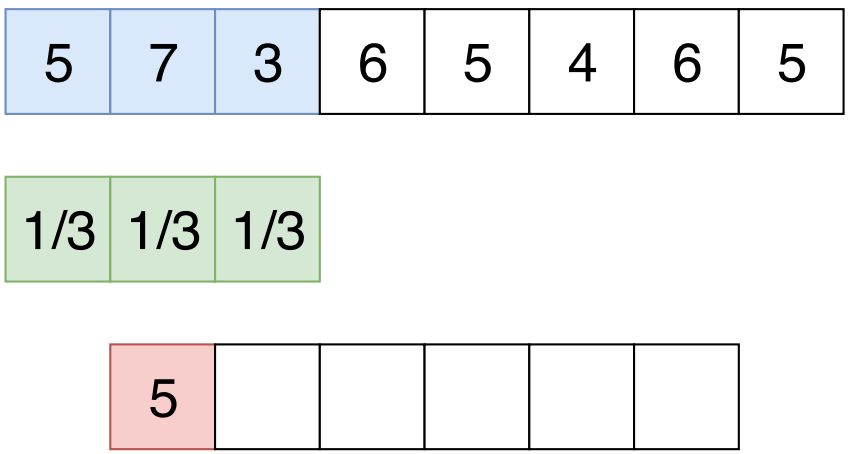
5	7	3	6	5	4	6	5

1/3	1/3	1/3

Filtros e convoluções

Média móvel é um caso especial da operação de convolução discreta.

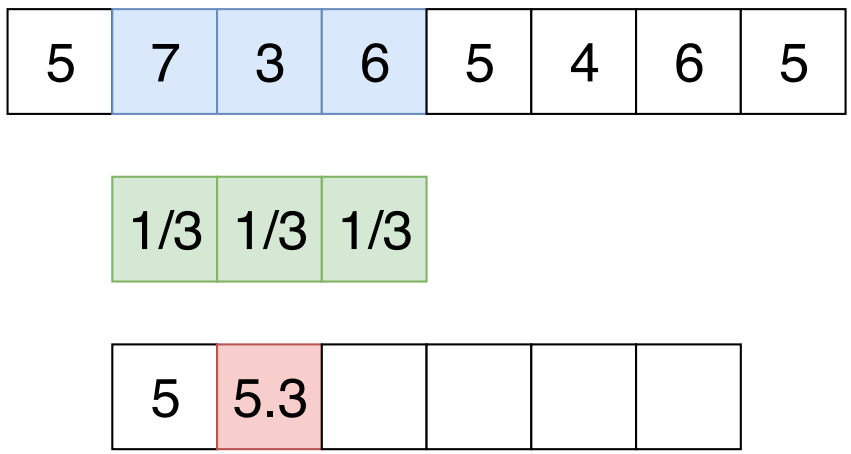
Convolução $(f * g)[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f[m]g[n-m]$



Filtros e convoluções

Média móvel é um caso especial da operação de convolução discreta.

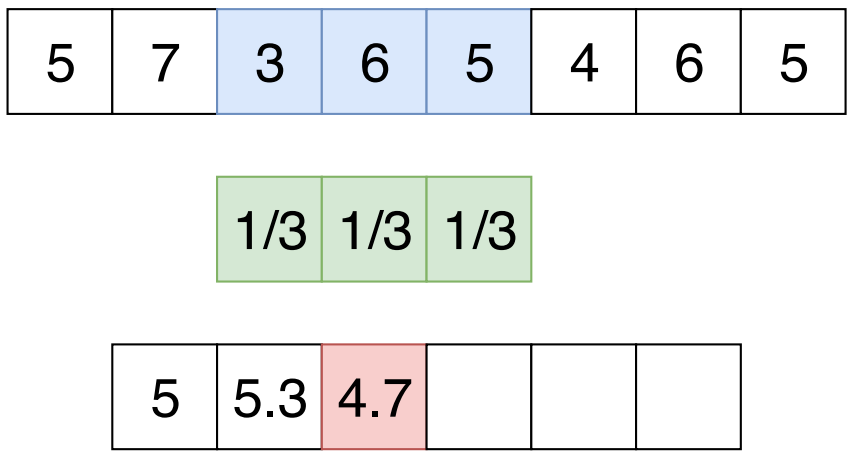
Convolução $(f * g)[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f[m]g[n-m]$



Filtros e convoluções

Média móvel é um caso especial da operação de convolução discreta.

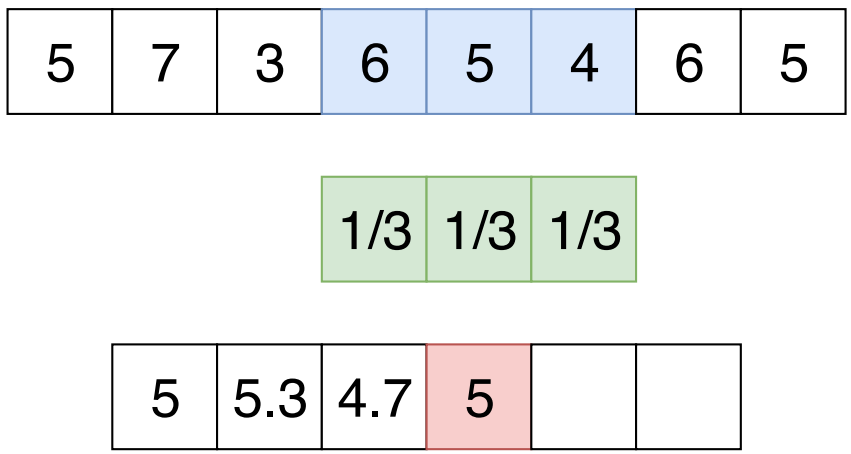
Convolução $(f * g)[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f[m]g[n-m]$



Filtros e convoluções

Média móvel é um caso especial da operação de convolução discreta.

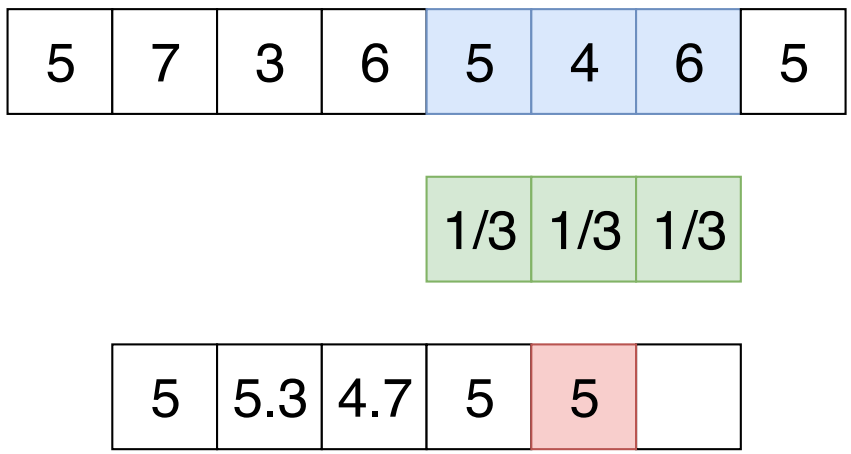
Convolução $(f * g)[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f[m]g[n-m]$



Filtros e convoluções

Média móvel é um caso especial da operação de convolução discreta.

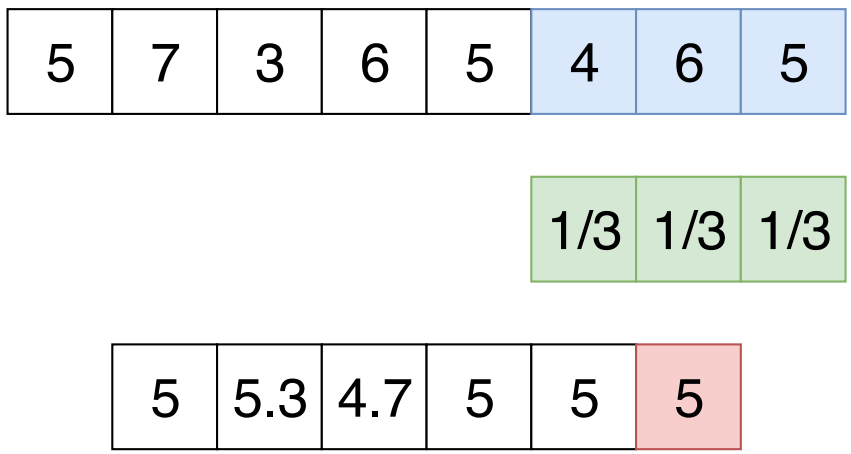
Convolução $(f * g)[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f[m]g[n-m]$



Filtros e convoluções

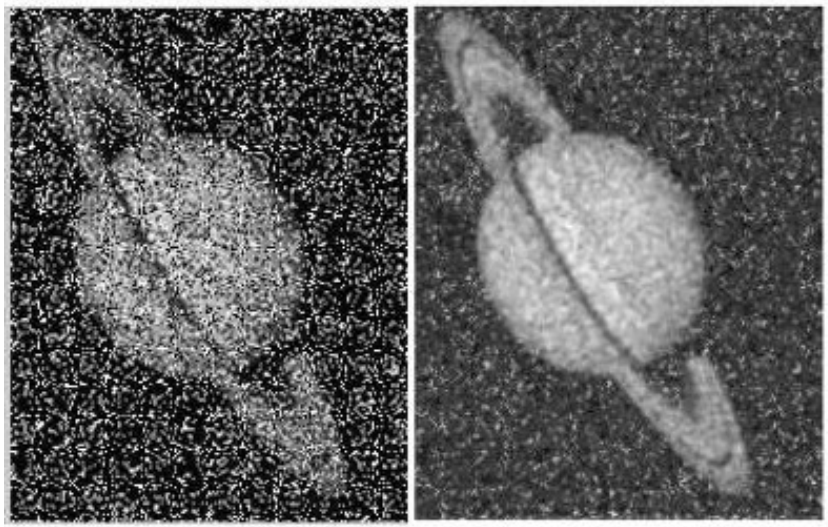
Média móvel é um caso especial da operação de convolução discreta.

Convolução $(f * g)[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f[m]g[n-m]$

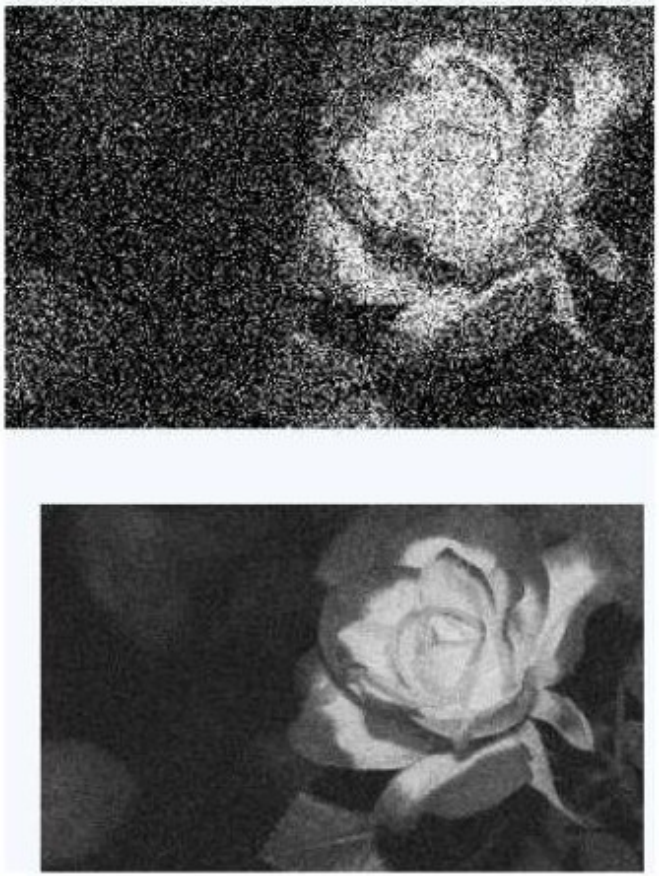


Filtros e convoluções

Imagens A convolução em duas dimensões.



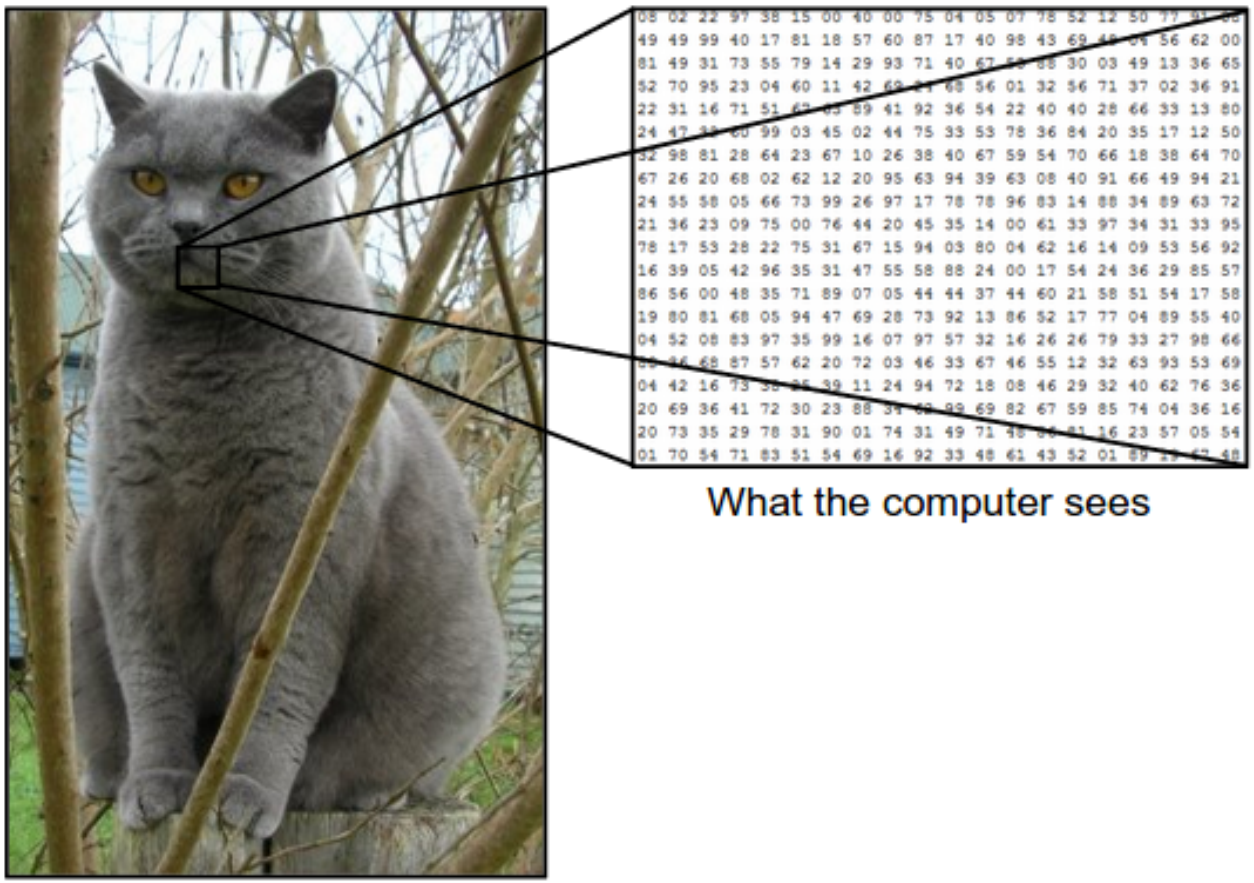
Fonte: https://www.slideshare.net/kiraSM/signal-filtering



Fonte: https://www.slideshare.net/kiraSM/signal-filtering

Filtros e convoluções

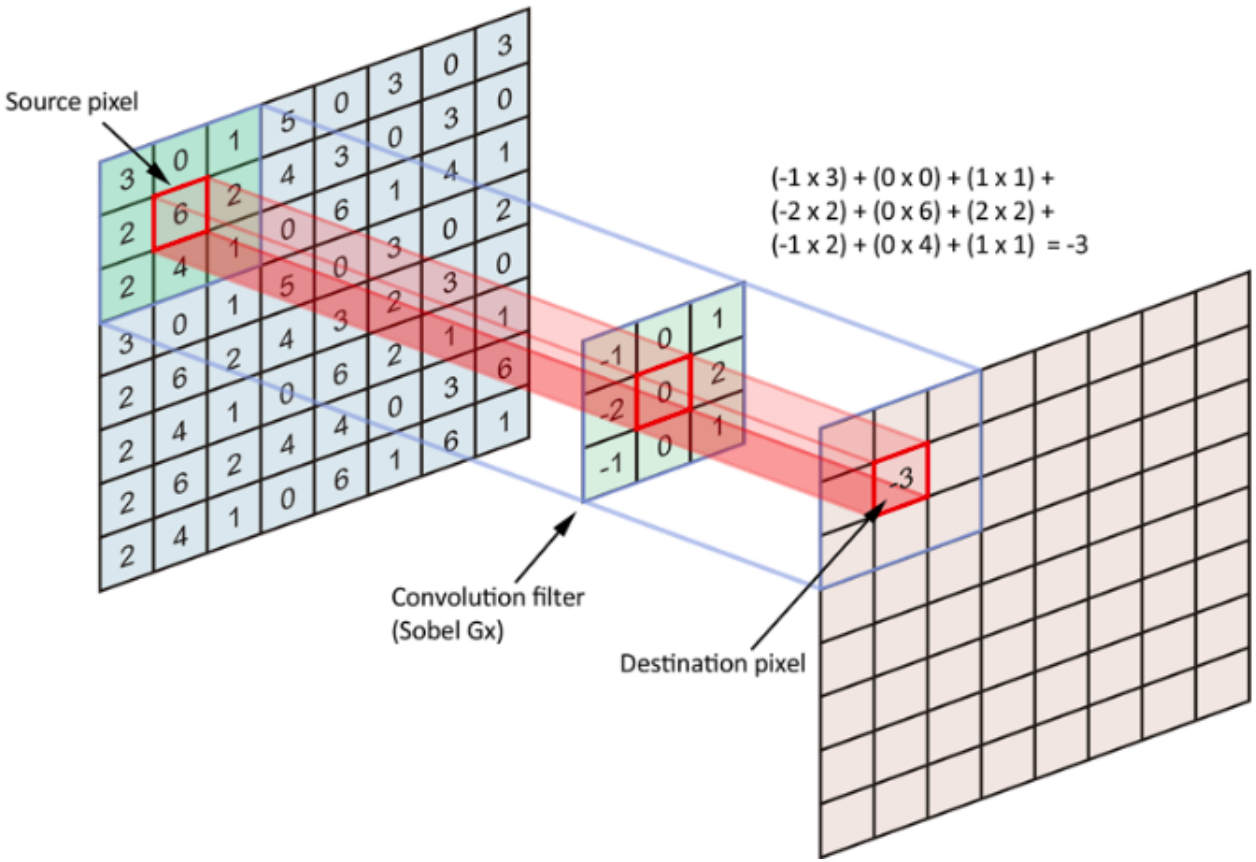
Imagens Sinais bidimensionais.



Fonte: http://cs231n.github.io/classification/

Filtros e convoluções

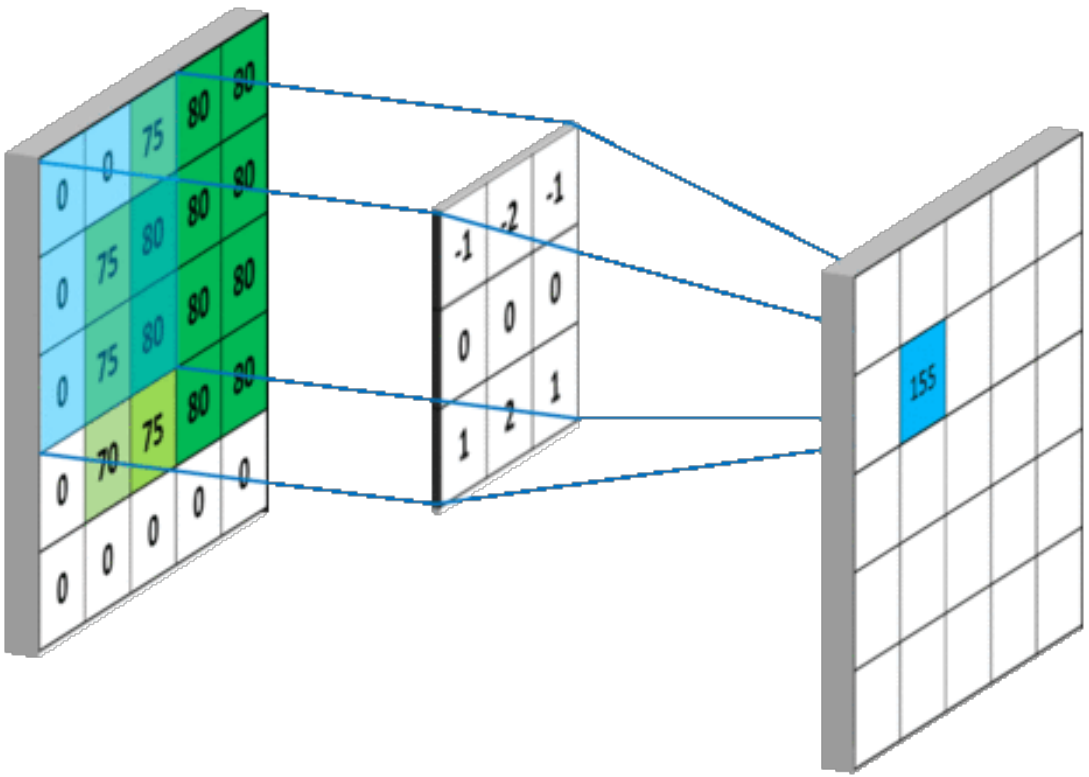
Convolução 2D $(f * g)[x, y] = \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} f[m_1, m_2] g[x - m_1, y - m_2]$



Fonte: https://www.freecodecamp.org/news/an-intuitive-guide-to-convolutional-neural-networks-260c2de0a050/

Filtros e convoluções

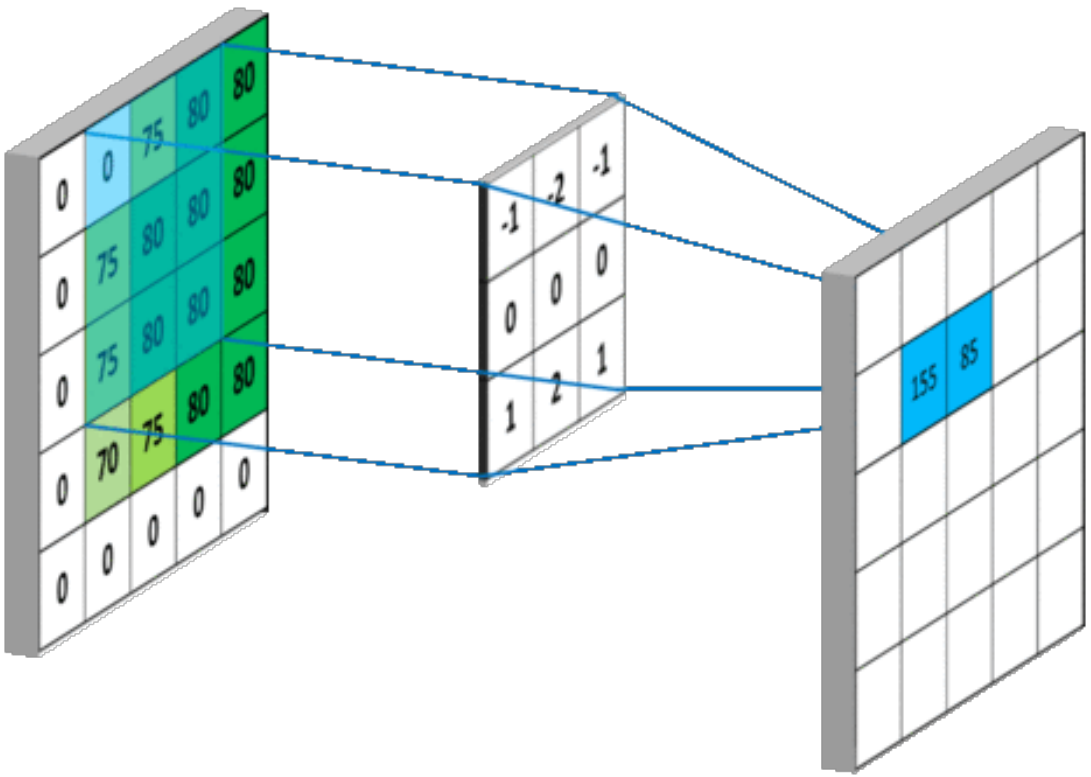
Convolução 2D $(f * g)[x, y] = \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} f[m_1, m_2] g[x - m_1, y - m_2]$



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html/

Filtros e convoluções

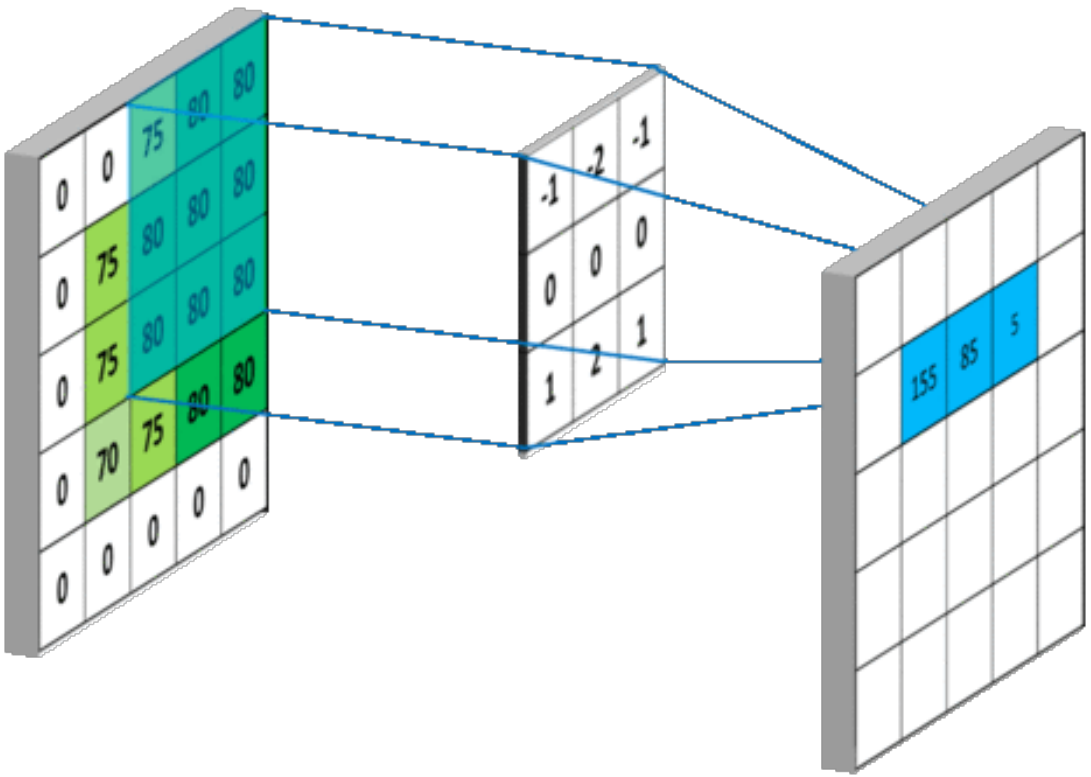
Convolução 2D $(f * g)[x, y] = \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} f[m_1, m_2] g[x - m_1, y - m_2]$



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html/

Filtros e convoluções

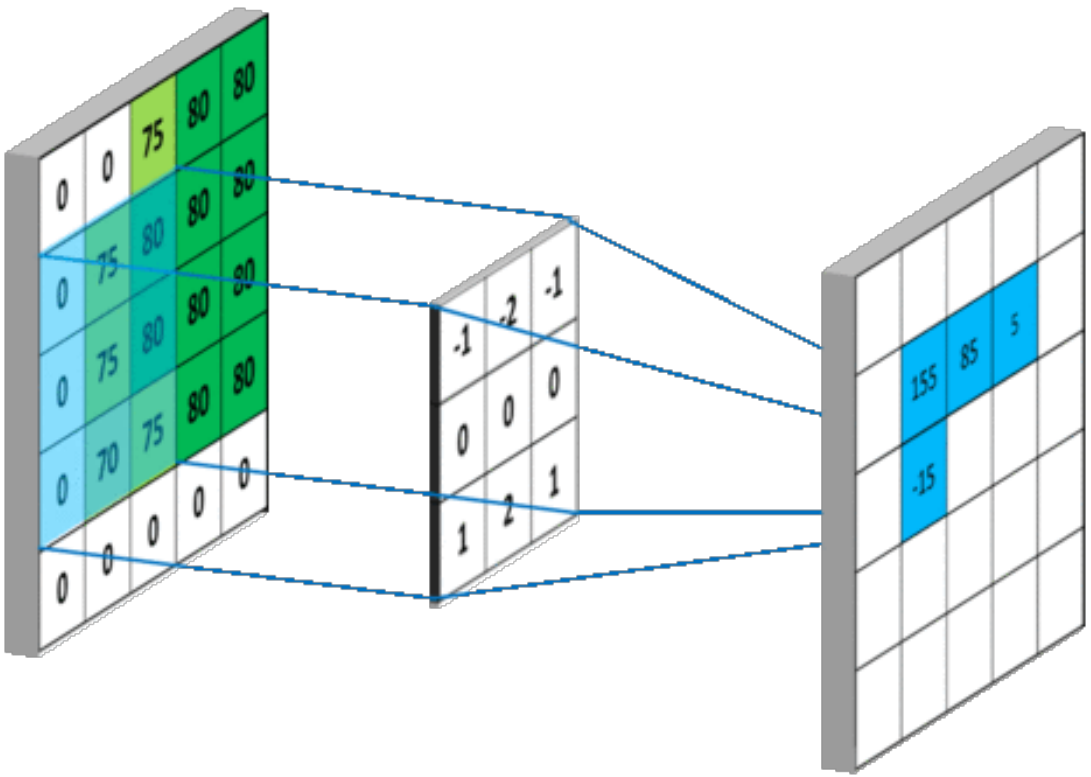
Convolução 2D $(f * g)[x, y] = \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} f[m_1, m_2] g[x - m_1, y - m_2]$



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html/

Filtros e convoluções

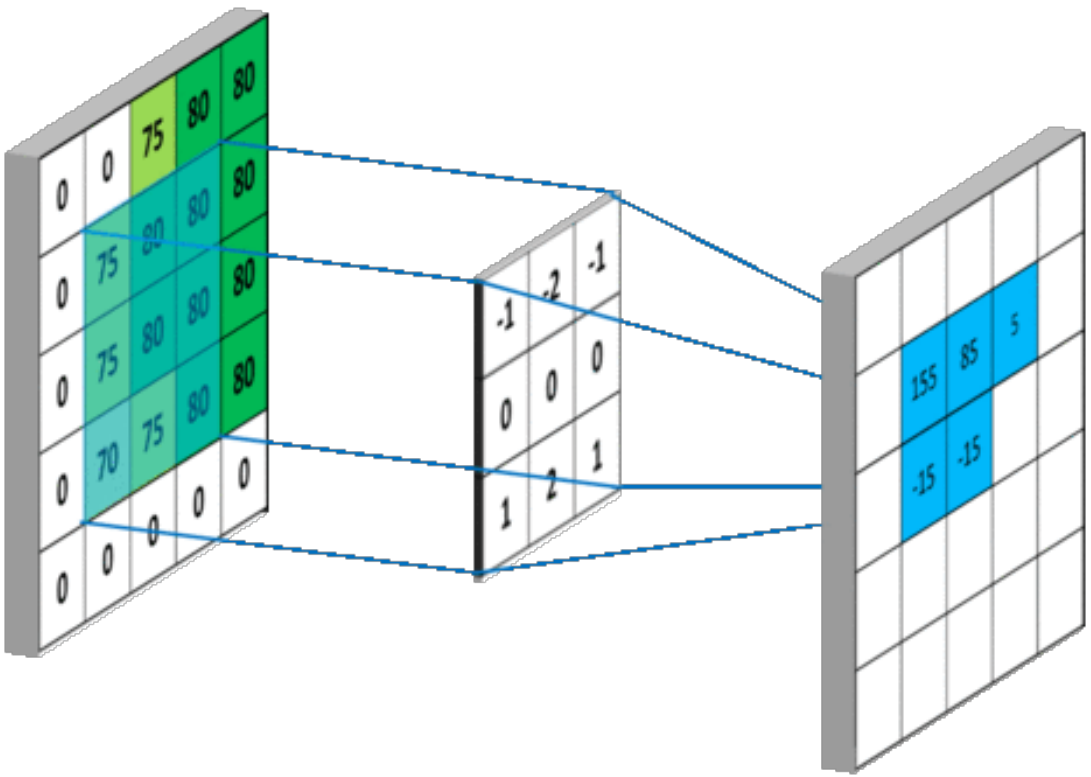
Convolução 2D $(f * g)[x, y] = \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} f[m_1, m_2] g[x - m_1, y - m_2]$



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html/

Filtros e convoluções

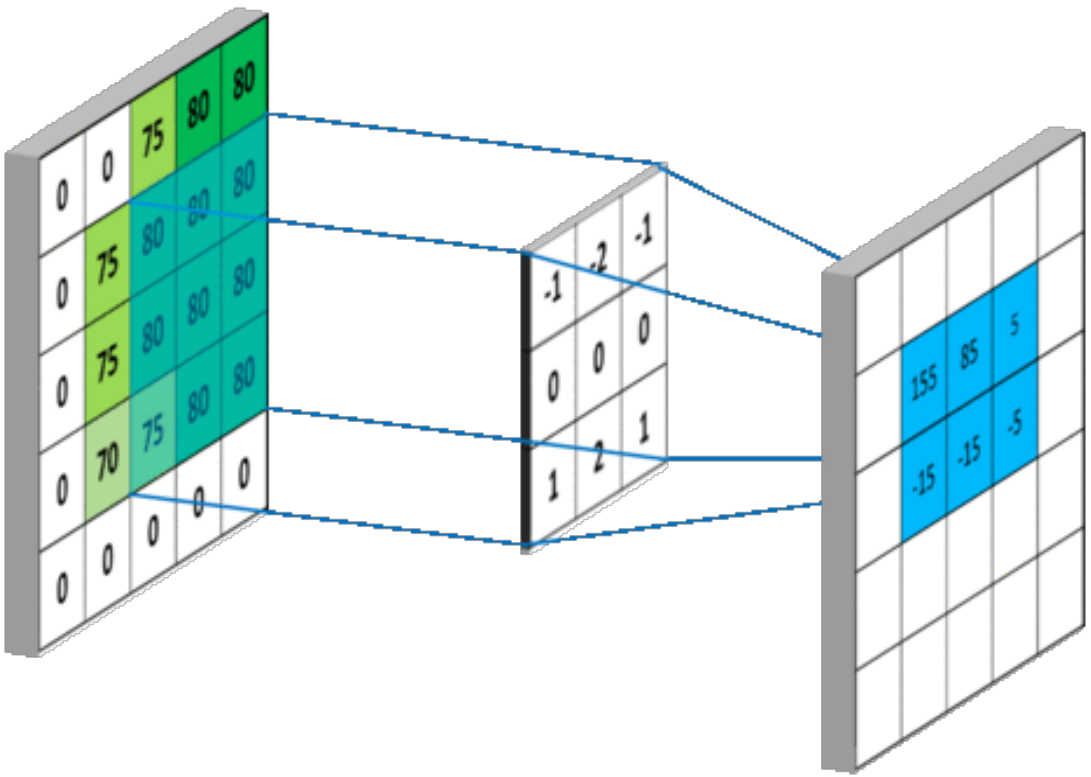
Convolução 2D $(f * g)[x, y] = \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} f[m_1, m_2] g[x - m_1, y - m_2]$



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html/

Filtros e convoluções

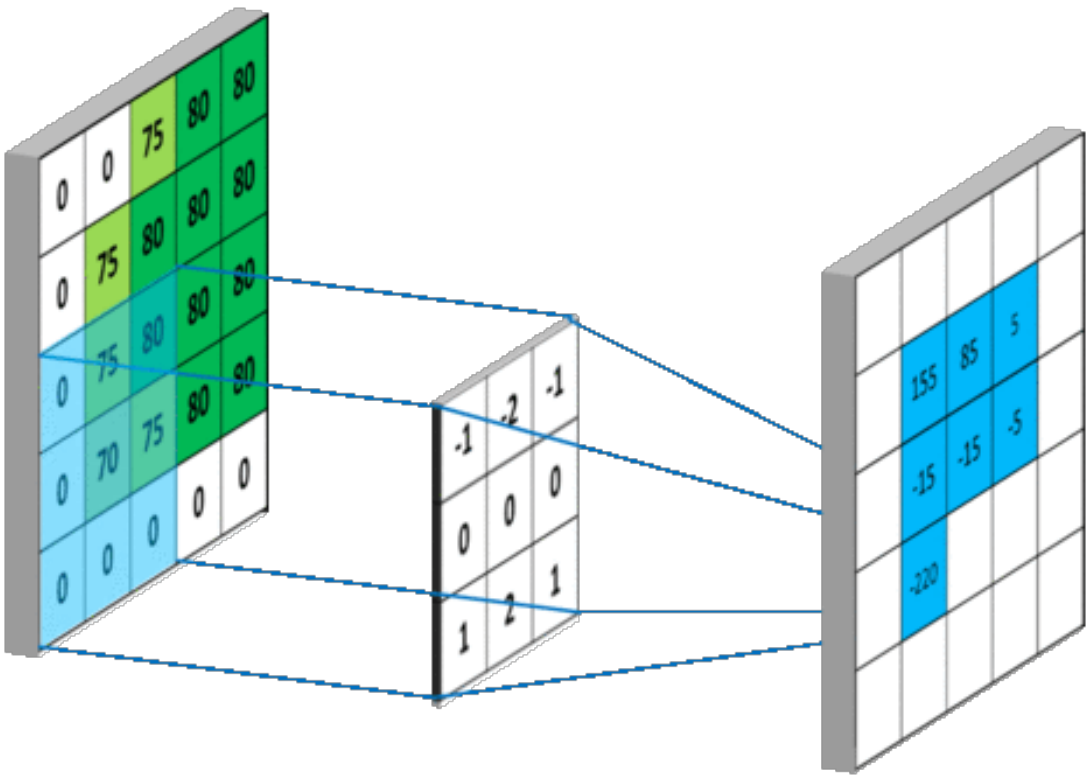
Convolução 2D $(f * g)[x, y] = \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} f[m_1, m_2] g[x - m_1, y - m_2]$



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html/

Filtros e convoluções

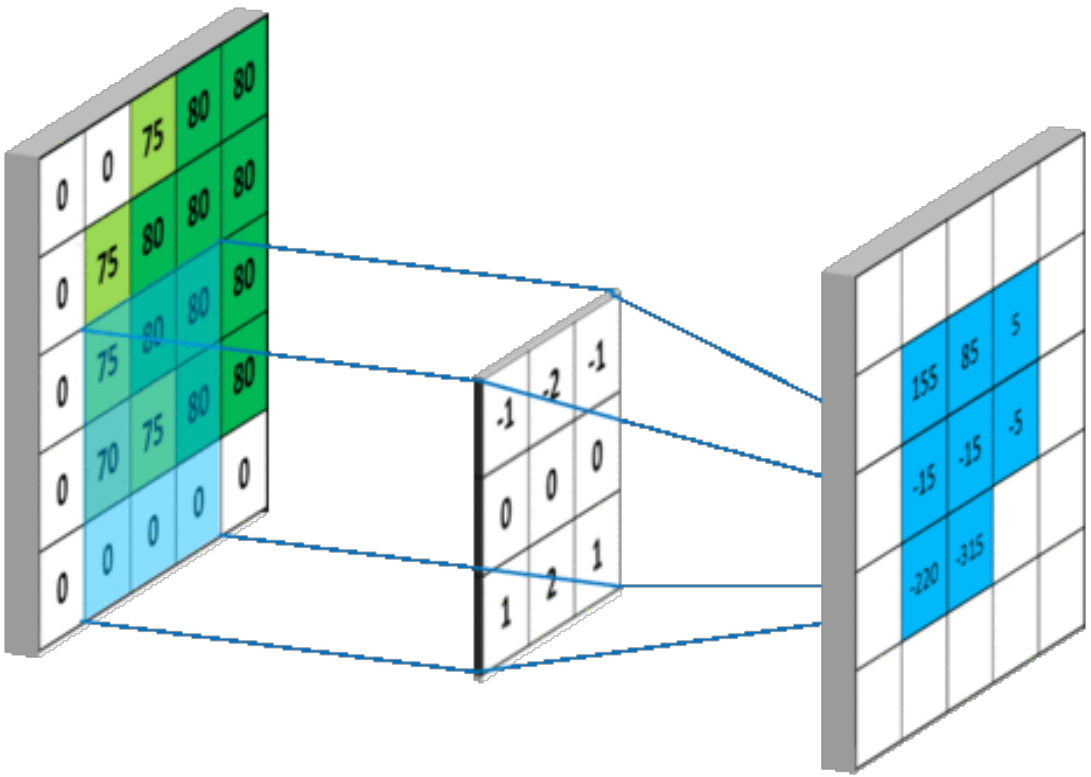
Convolução 2D $(f * g)[x, y] = \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} f[m_1, m_2] g[x - m_1, y - m_2]$



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html/

Filtros e convoluções

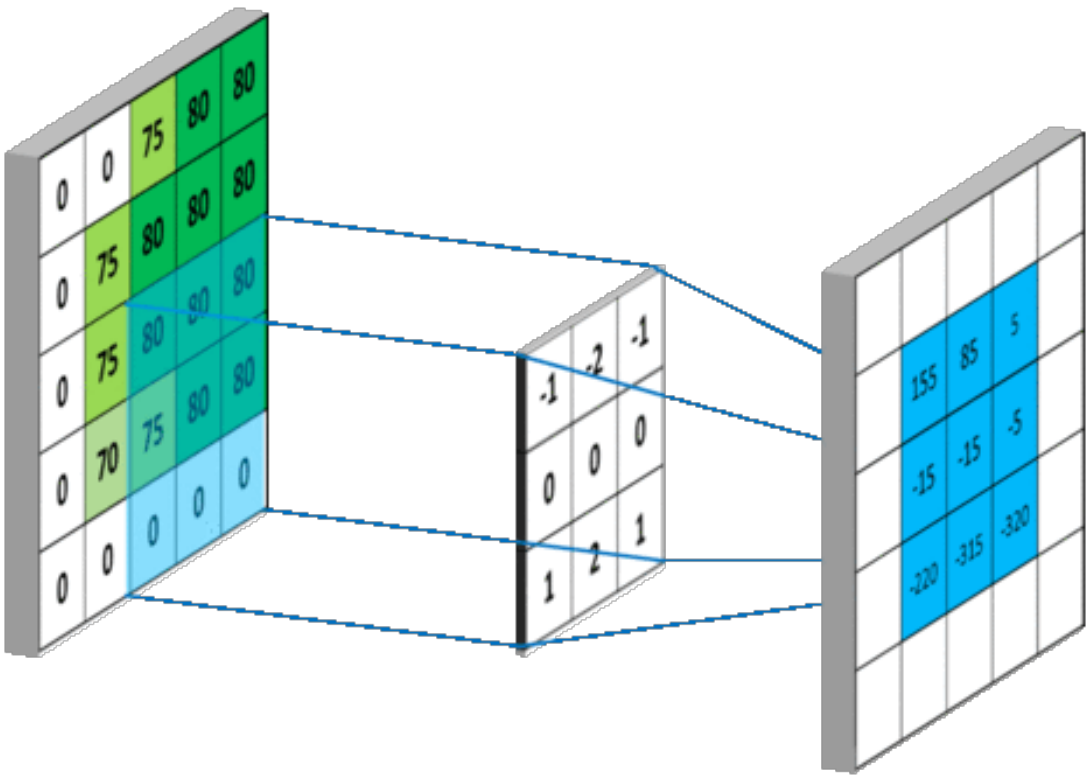
Convolução 2D $(f * g)[x, y] = \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} f[m_1, m_2] g[x - m_1, y - m_2]$



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html/

Filtros e convoluções

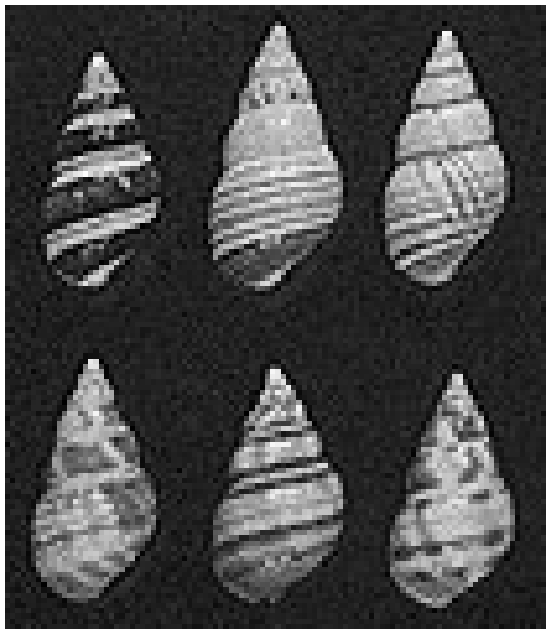
Convolução 2D $(f * g)[x, y] = \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} f[m_1, m_2] g[x - m_1, y - m_2]$



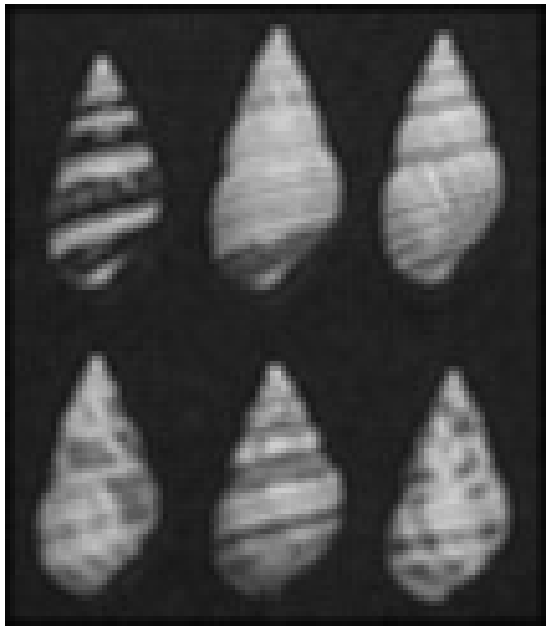
Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html/

Filtros e convoluções

Suavização Convolução entre a imagem e um kernel média.

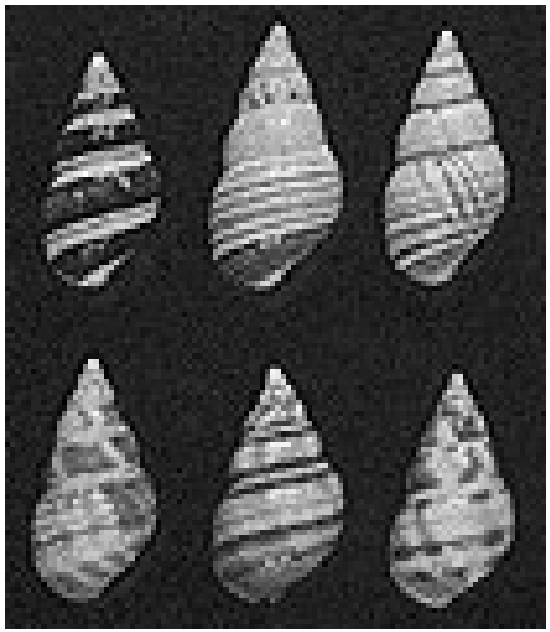


$$\frac{1}{9}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

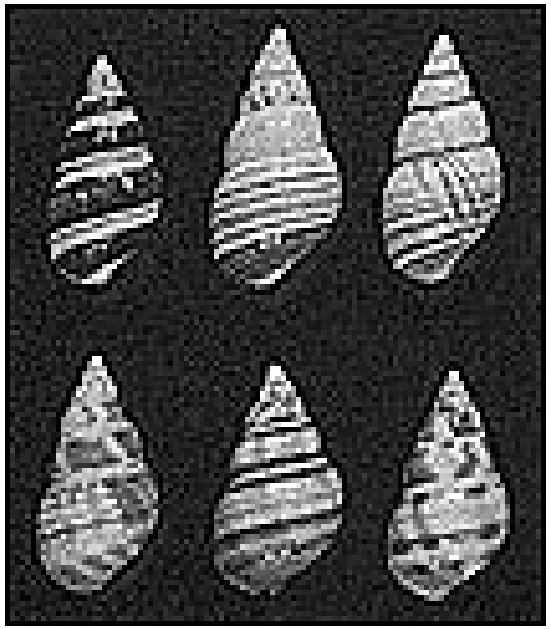


Filtros e convoluções

Aguçamento Convolução entre a imagem e um kernel de aguçamento.

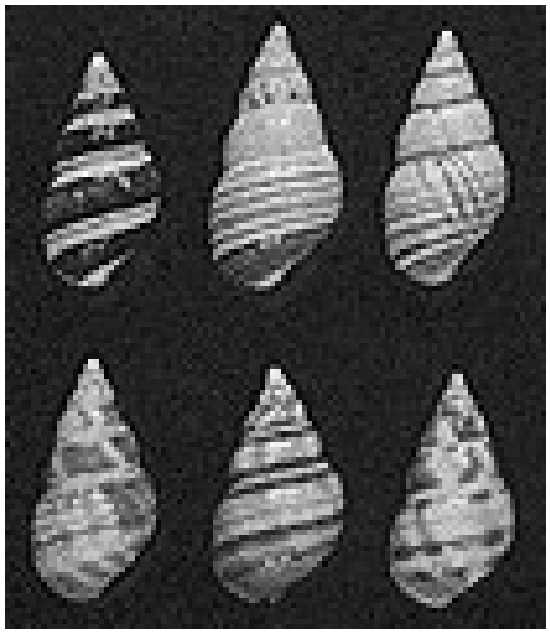


$$\frac{1}{9}\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 17 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

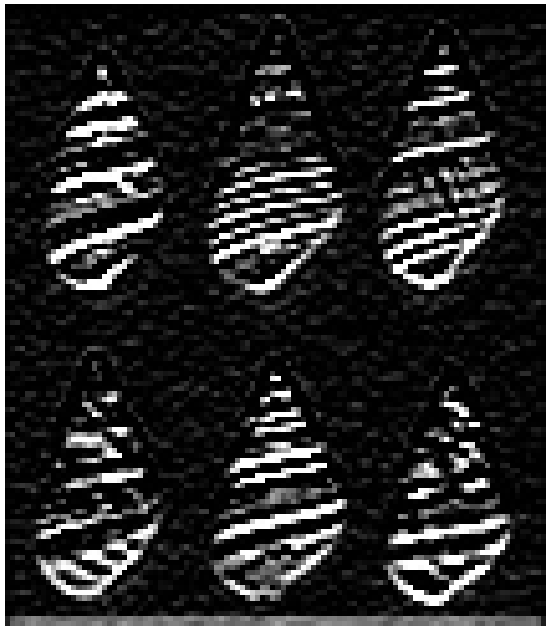


Filtros e convoluções

Bordas Convolução entre a imagem e um kernel sobel horizontal.

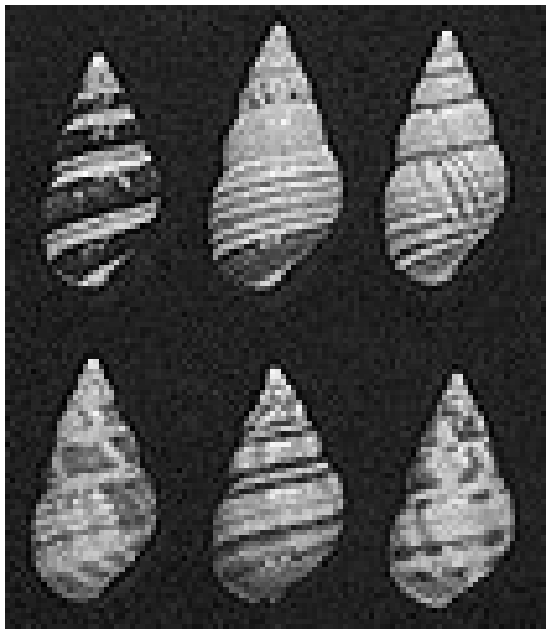


-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1



Filtros e convoluções

Bordas Convolução entre a imagem e um kernel sobel vertical.

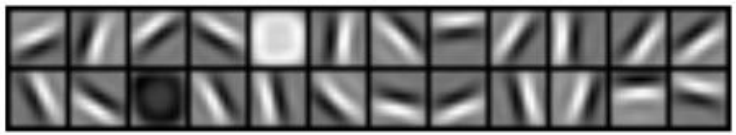


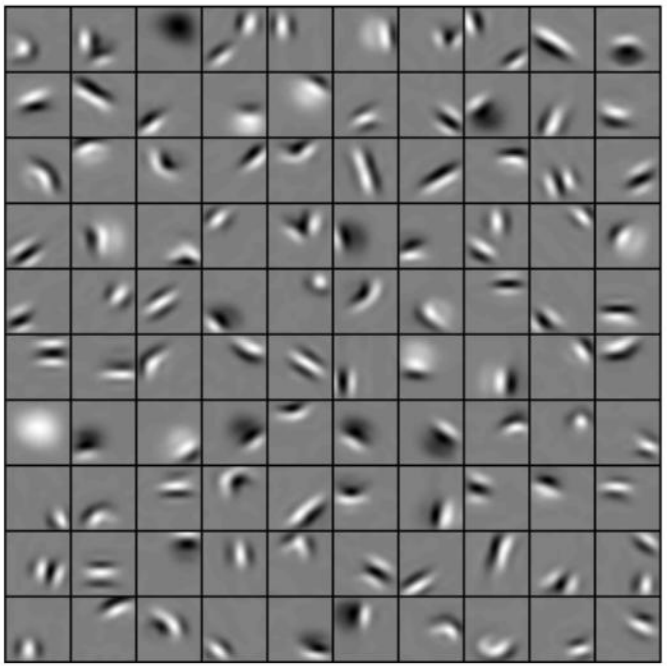
-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Filtros e convoluções

Ideia 1 Convolução não é difícil.

Ideia 2 Operações úteis podem ser definidas através de convoluções com filtros específicos (e.g. suavização, aguçamento, detecção de bordas).



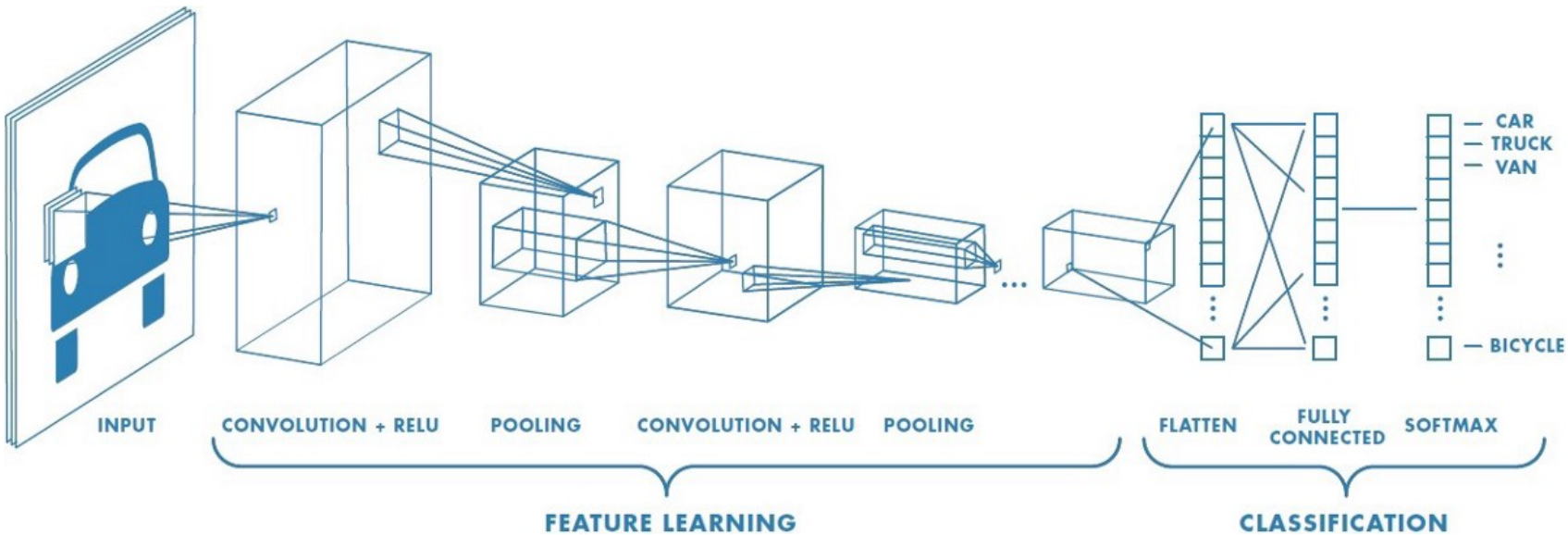


Fonte: https://ai.stanford.edu/~ang/papers/icml09-ConvolutionalDeepBeliefNetworks.pdf

Redes neurais convolucionais

CNN Introduz dois novos tipos de camadas:

- Camadas de convolução
- Camadas de pooling

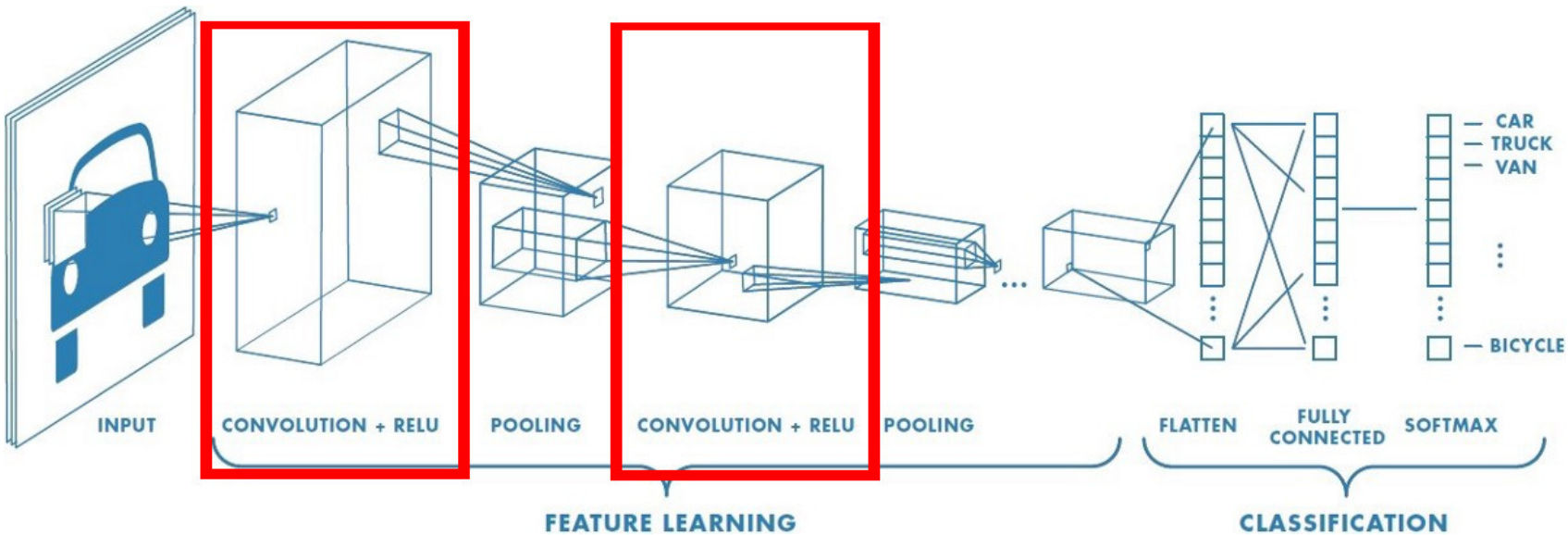


Fonte: https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53

Camada de convolução

CNN Introduz dois novos tipos de camadas:

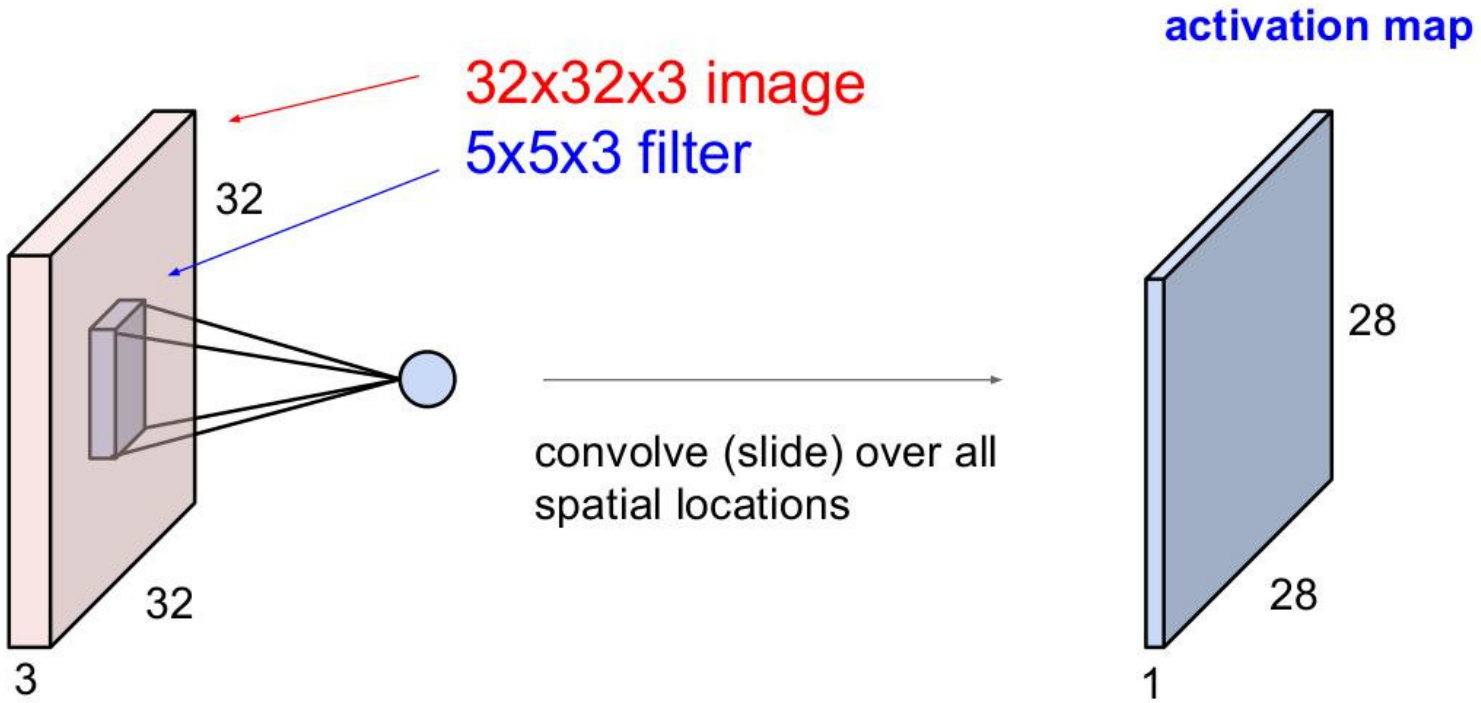
- Camadas de convolução
- Camadas de pooling



Fonte: https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53

Camada de convolução

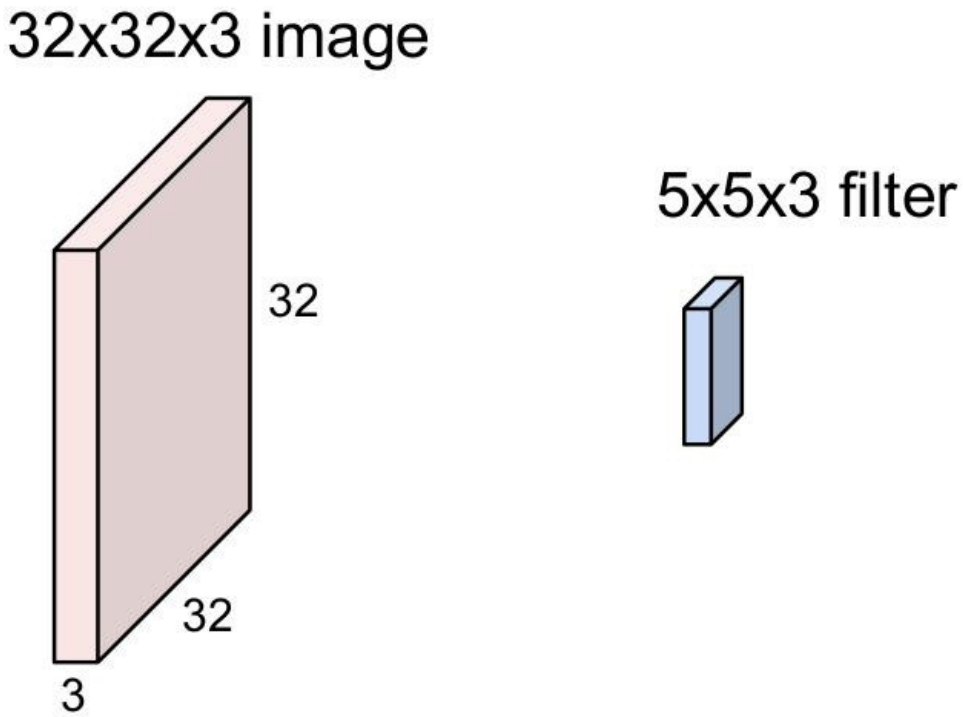
Convolução Uma camada de convolução convolve a matriz de entrada com um ou mais filtros. A saída é denominada mapa de ativação.



Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

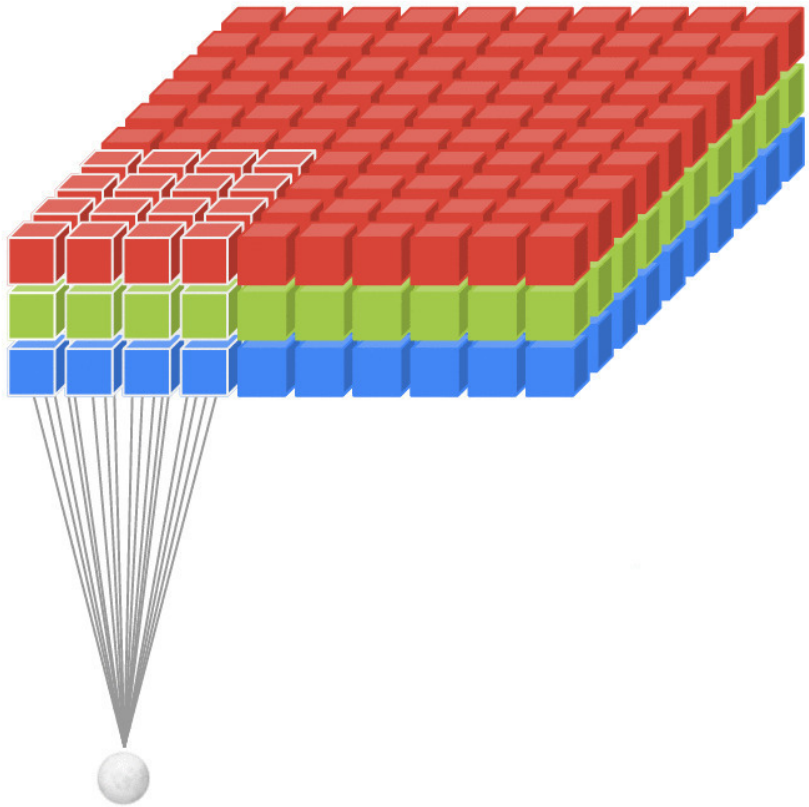
Convolução Como convolver em três canais de cor?



Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

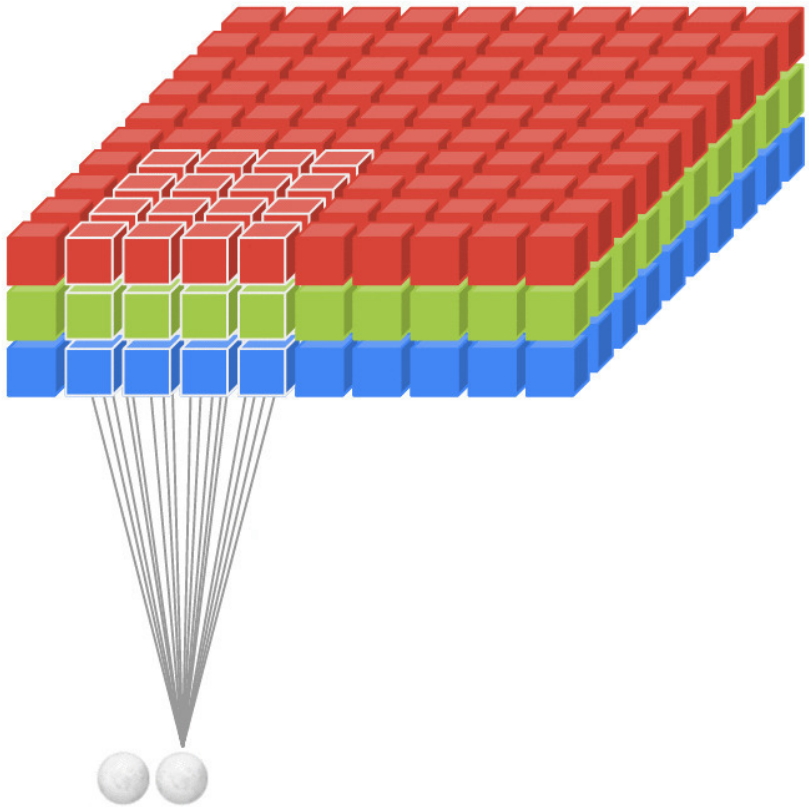
Convolução Convolvendo em três canais de cor.



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html

Camada de convolução

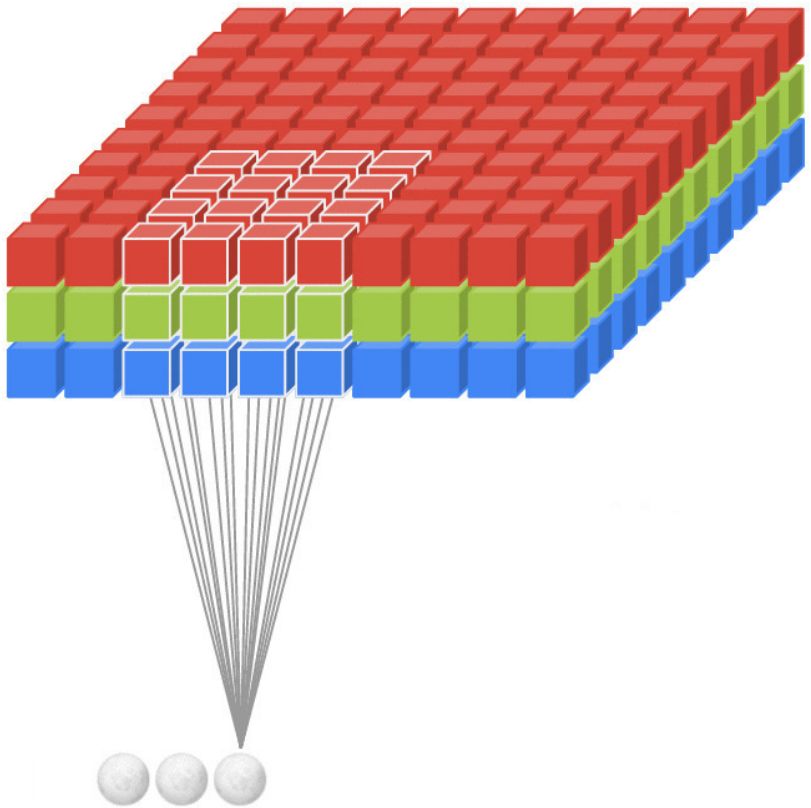
Convolução Convolvendo em três canais de cor.



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html

Camada de convolução

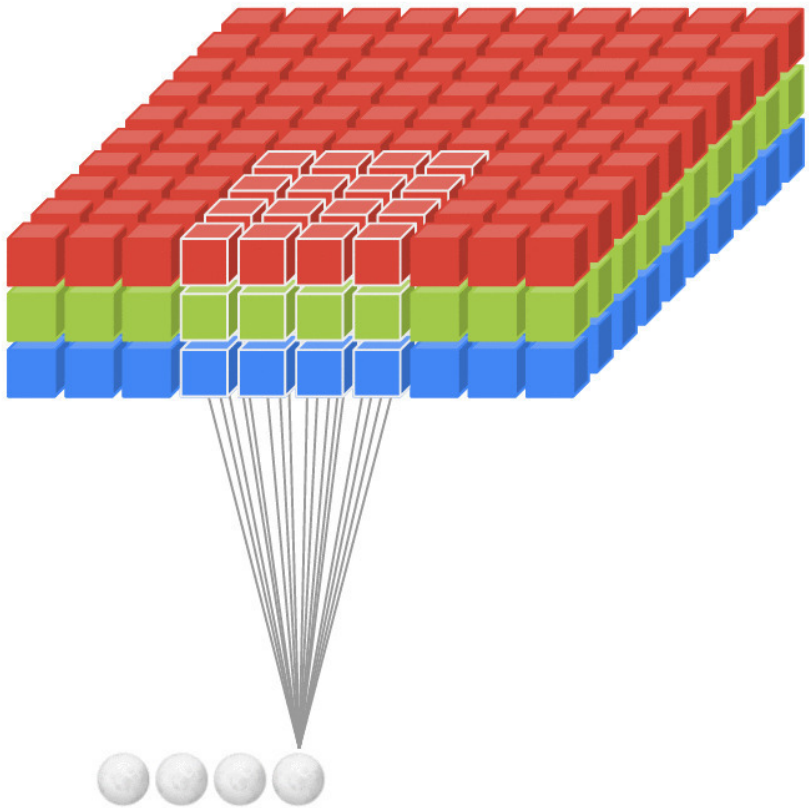
Convolução Convolvendo em três canais de cor.



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html

Camada de convolução

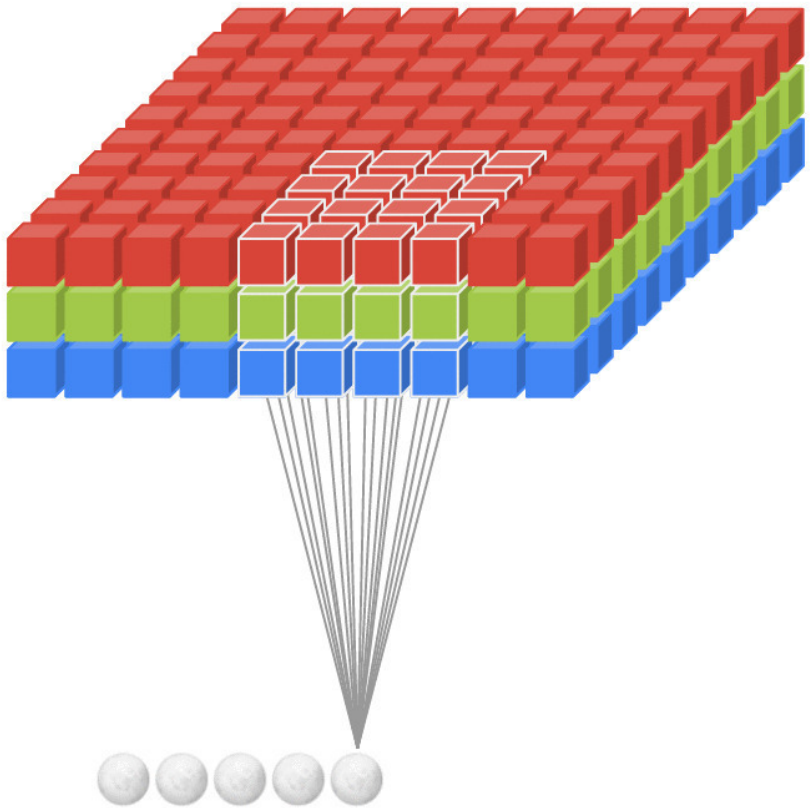
Convolução Convolvendo em três canais de cor.



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html

Camada de convolução

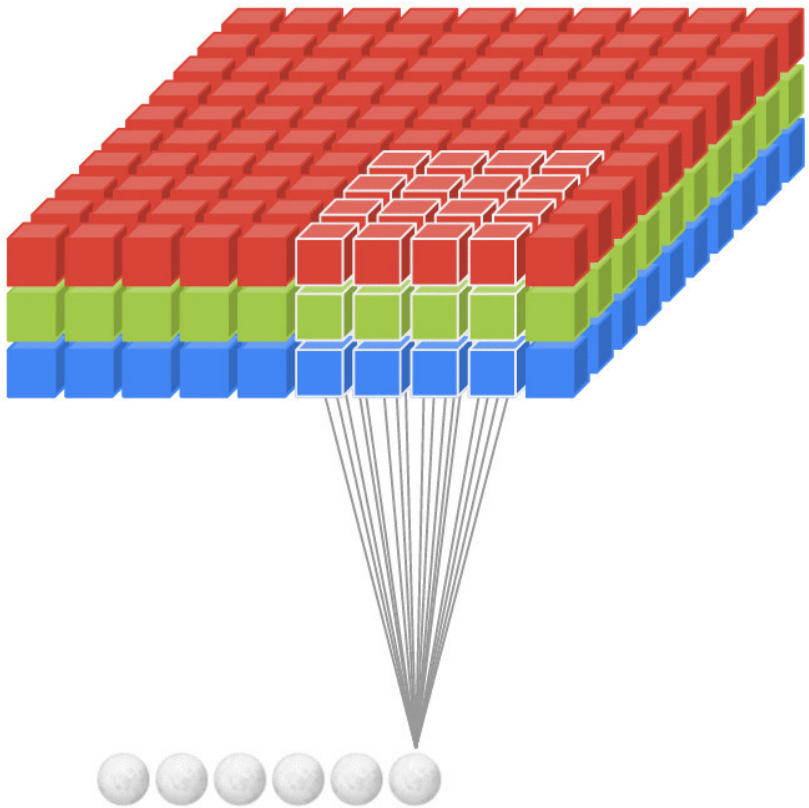
Convolução Convolvendo em três canais de cor.



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html

Camada de convolução

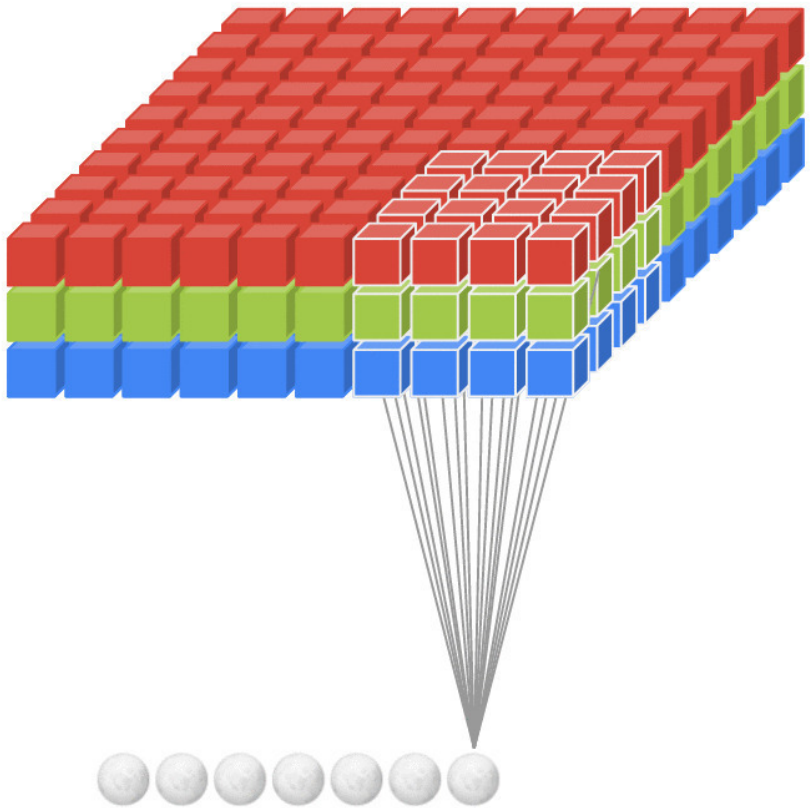
Convolução Convolvendo em três canais de cor.



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html

Camada de convolução

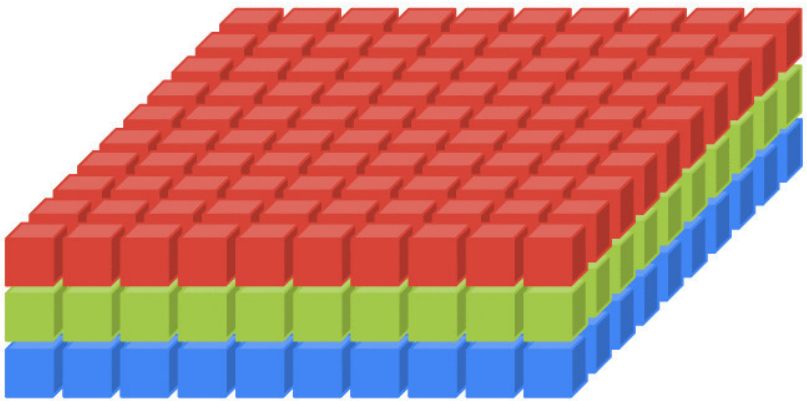
Convolução Convolvendo em três canais de cor.



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html

Camada de convolução

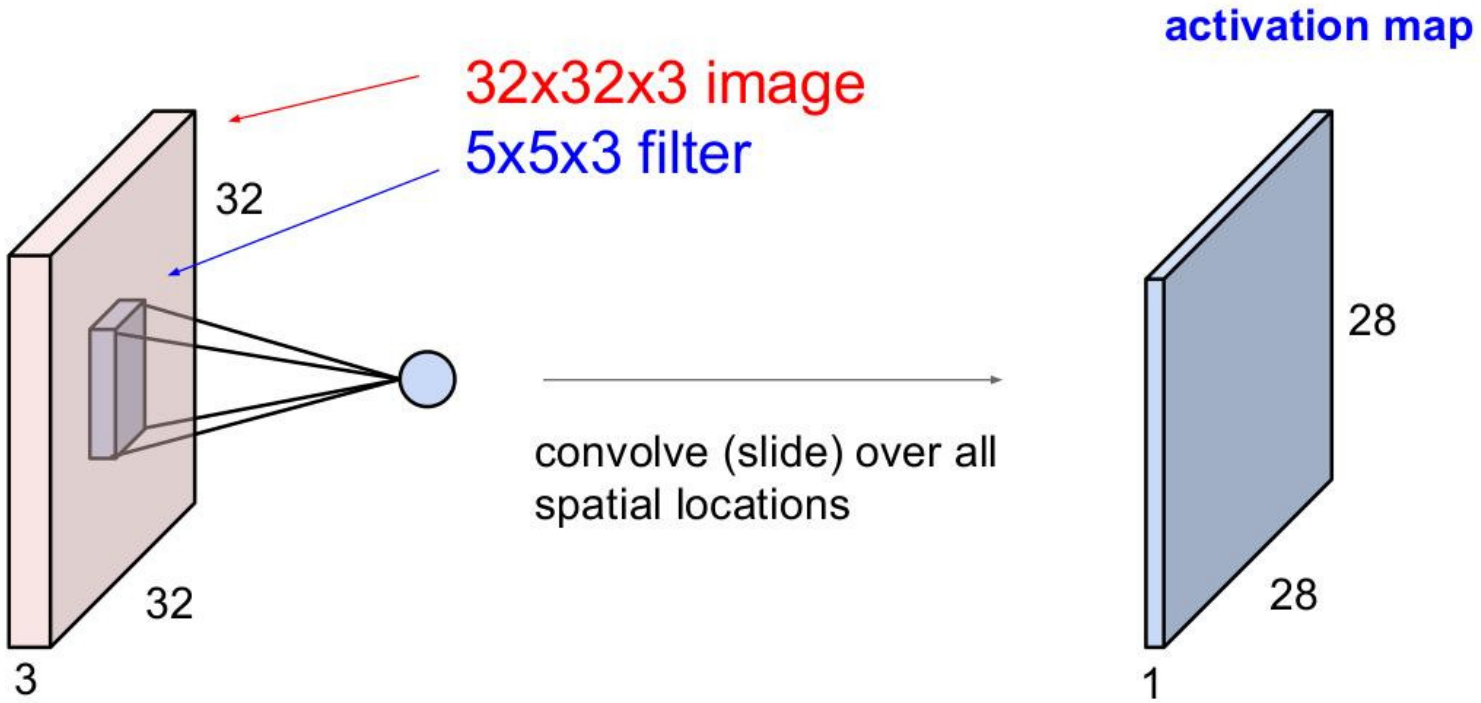
Convolução Convolvendo em três canais de cor.



Fonte: https://mlblr.com/includes/research/index.html

Camada de convolução

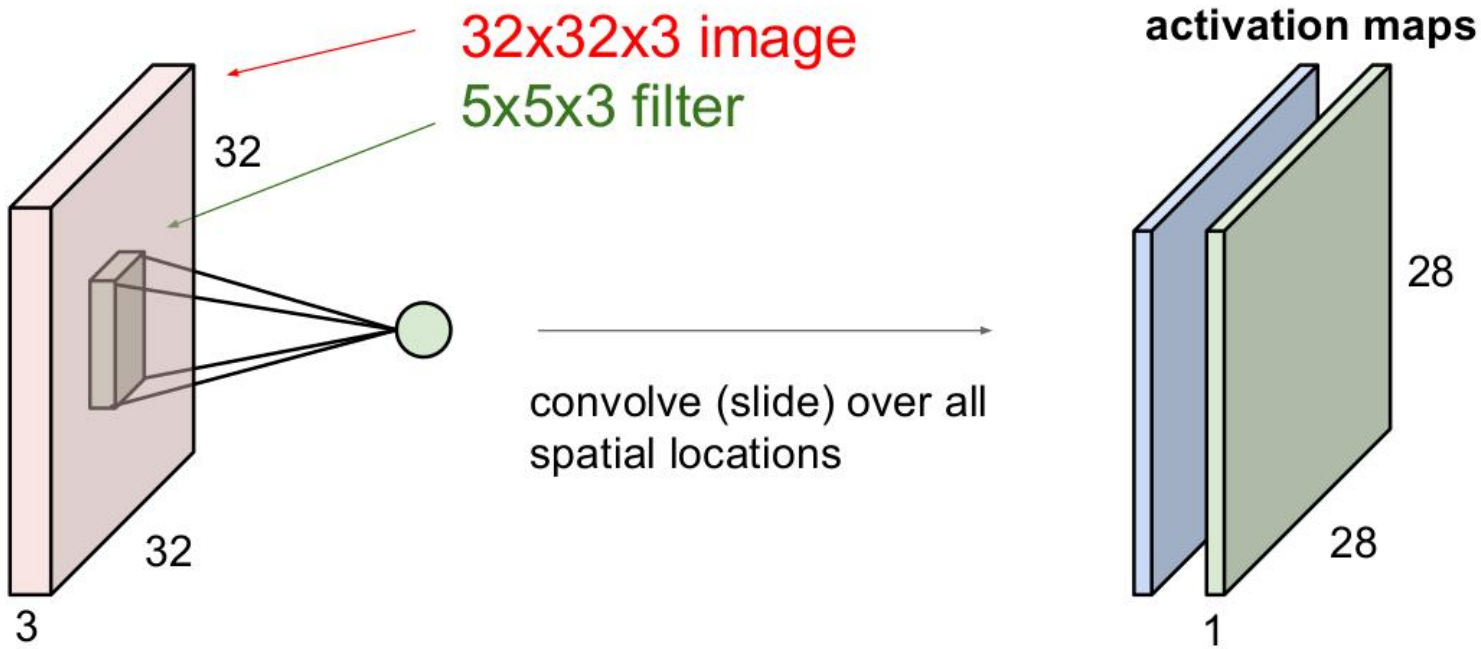
Convlayers Uma camada de convolução convolve a matriz de entrada com um ou mais filtros. A saída é denominada mapa de ativação.



Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

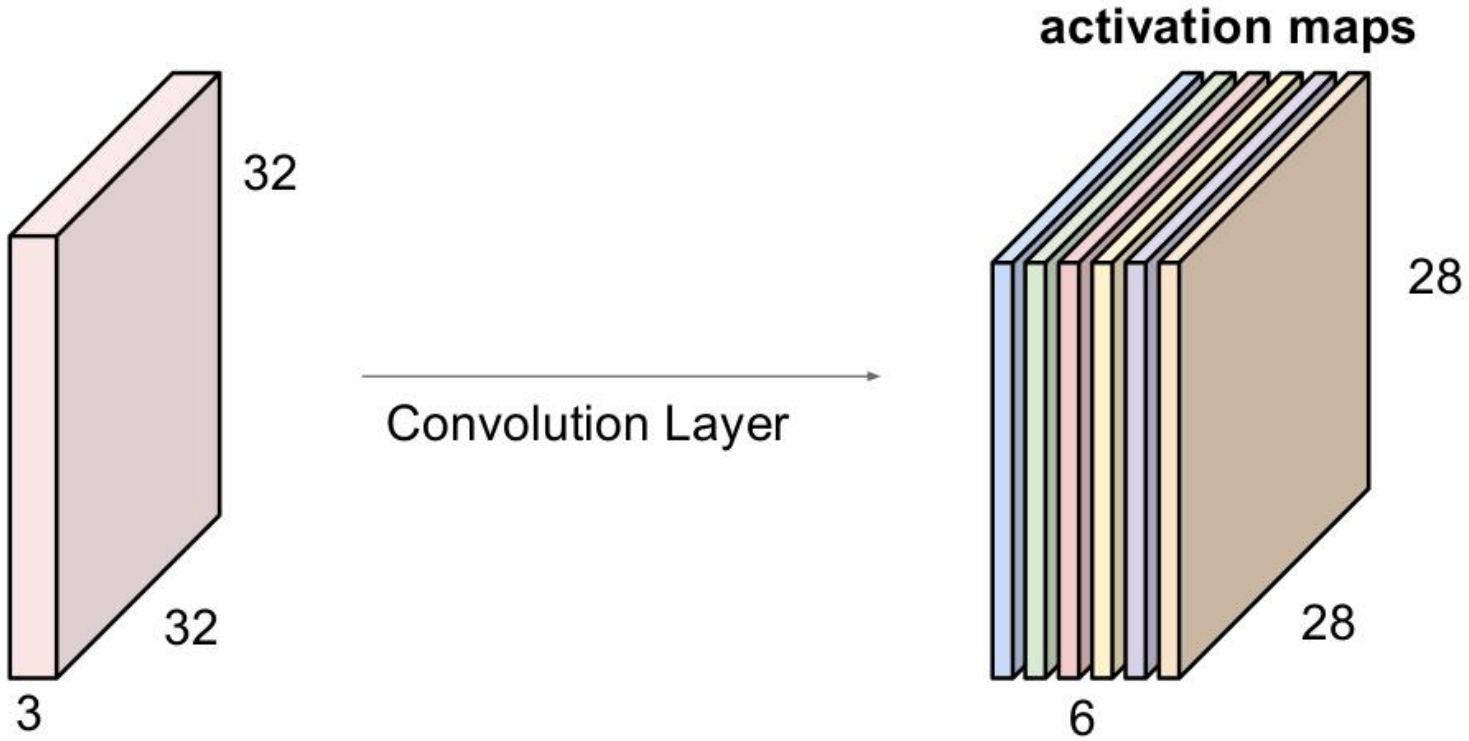
Convlayers Uma camada de convolução com dois filtros.



Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

Convlayers Uma camada de convolução com N filtros. $N = 6$.

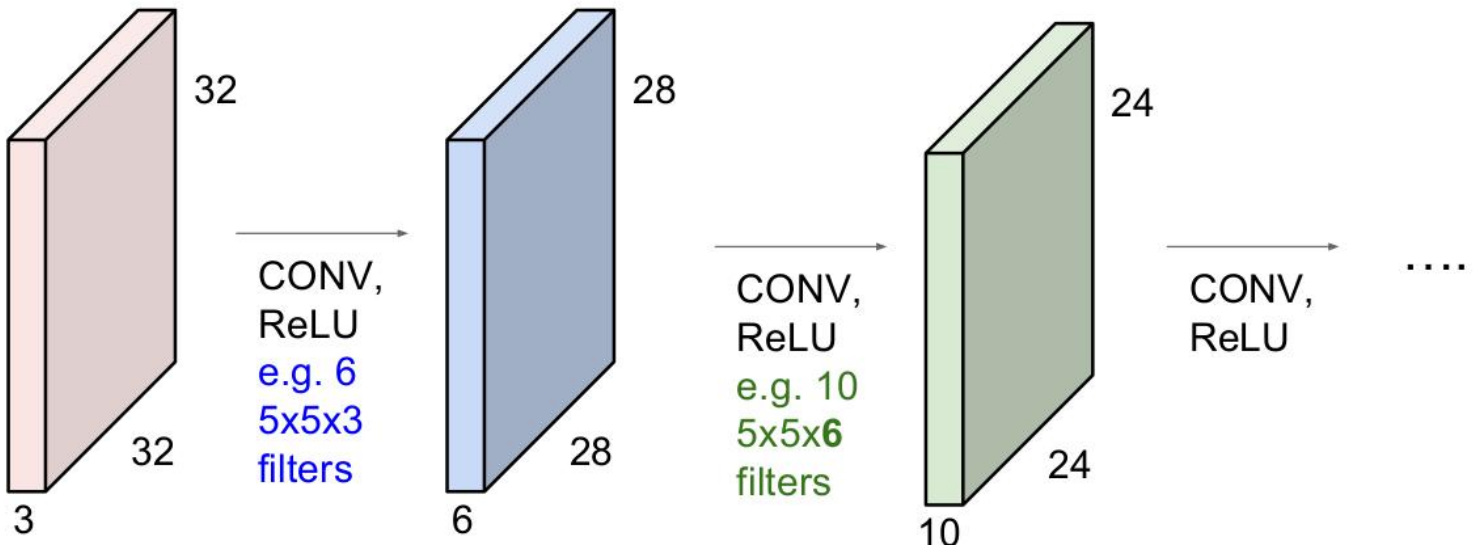


Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

Convlayers Camadas de convolução também possuem funções de ativação.

ReLU Rectified Linear Unit é uma das mais comumente utilizadas.

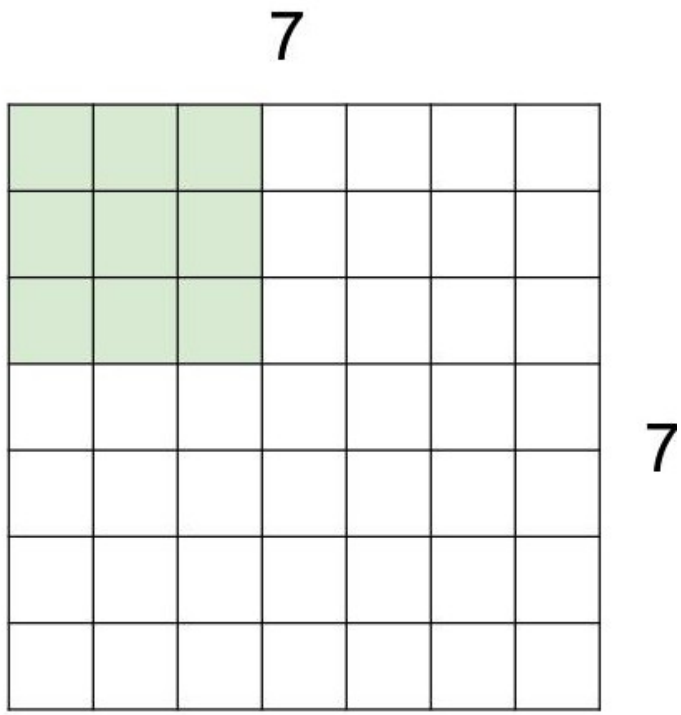


Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

Stride Largura do passo.

Stride = 1.

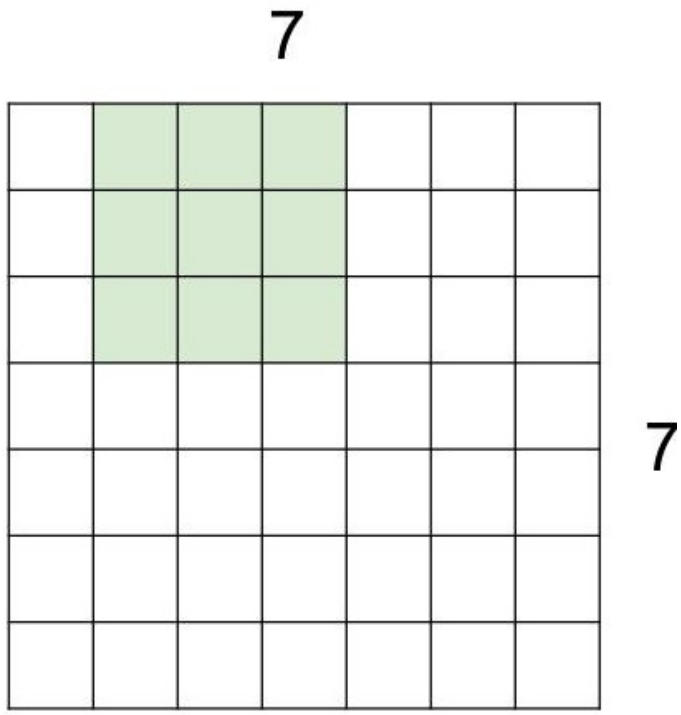


Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

Stride Largura do passo.

Stride = 1.

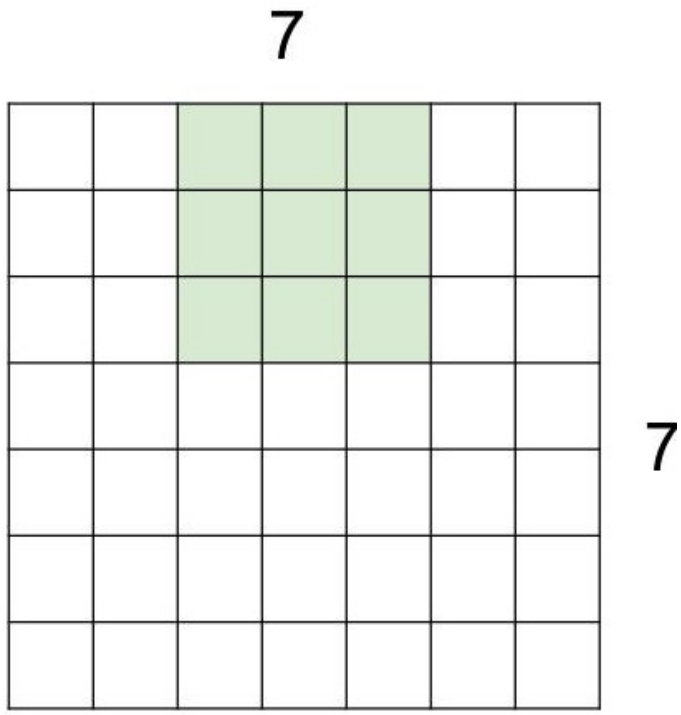


Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

Stride Largura do passo.

Stride = 1.

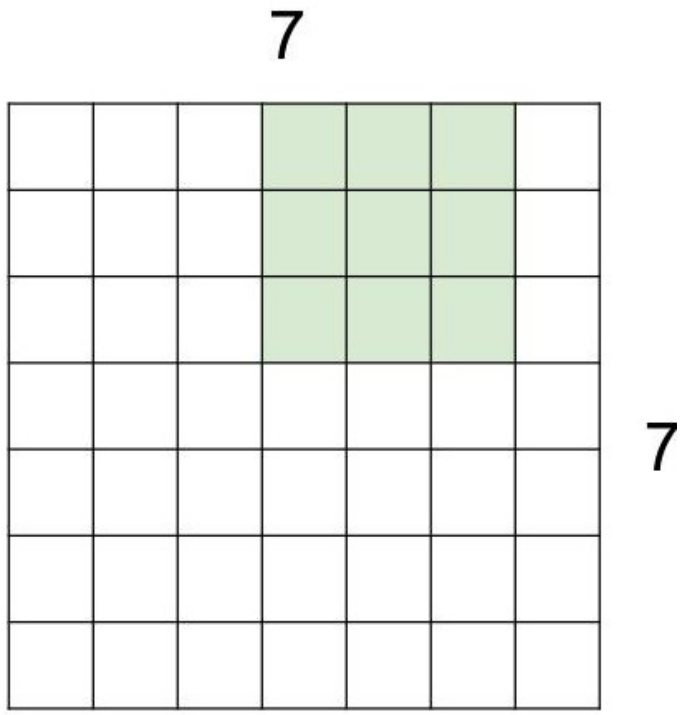


Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

Stride Largura do passo.

Stride = 1.

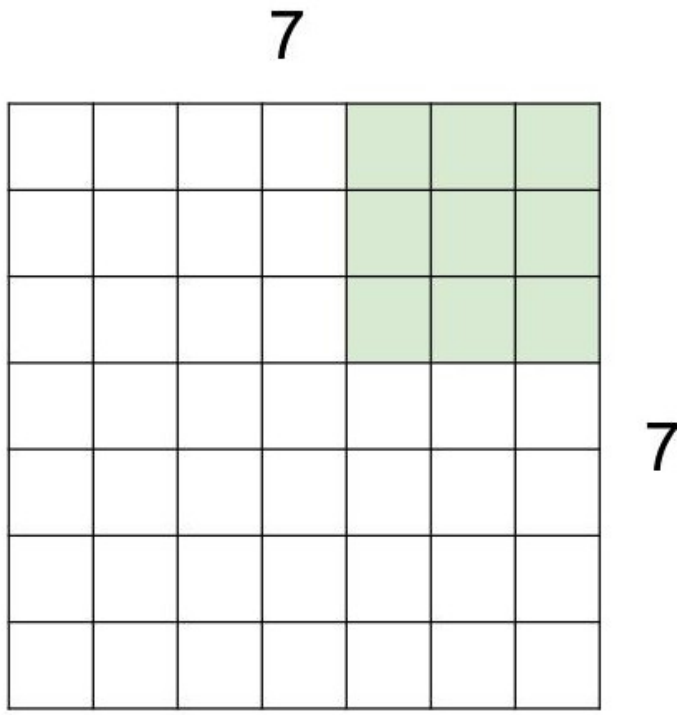


Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

Stride Largura do passo.

Stride = 1.

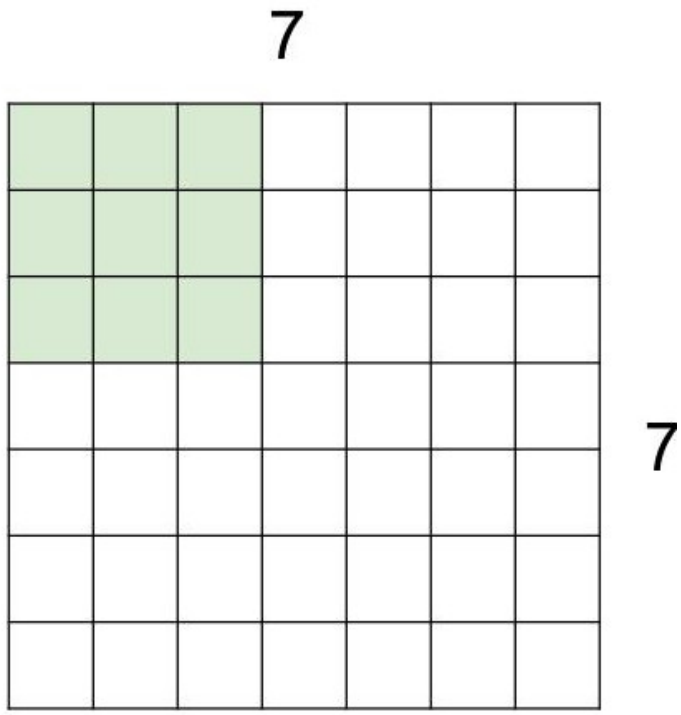


Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

Stride Largura do passo.

Stride = 2.

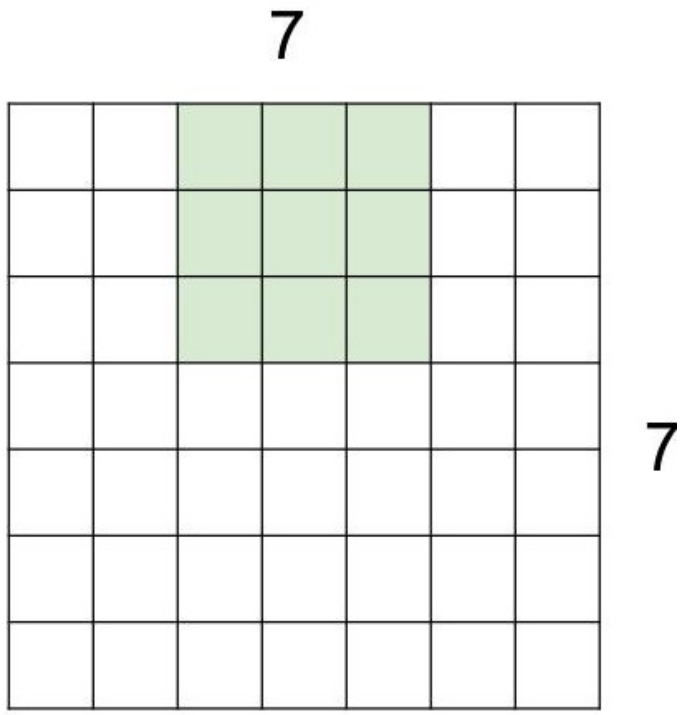


Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

Stride Largura do passo.

Stride = 2.

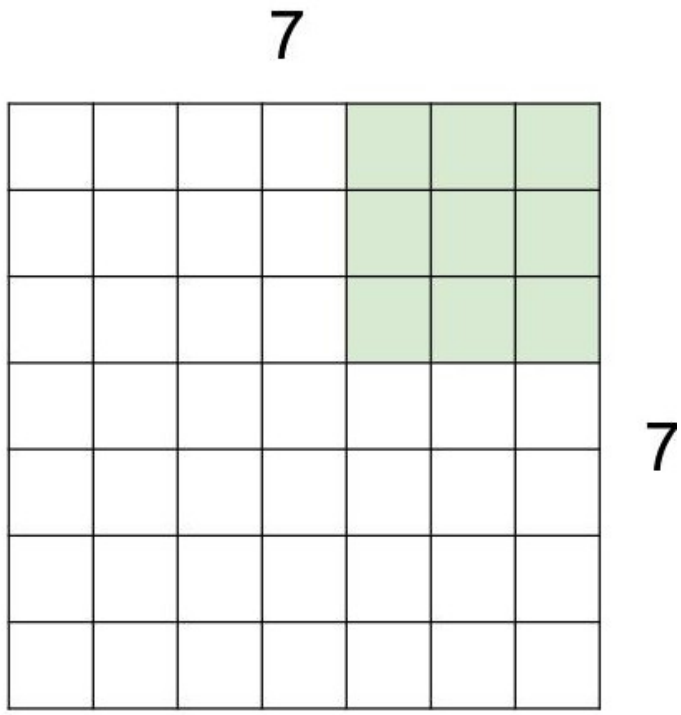


Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

Stride Largura do passo.

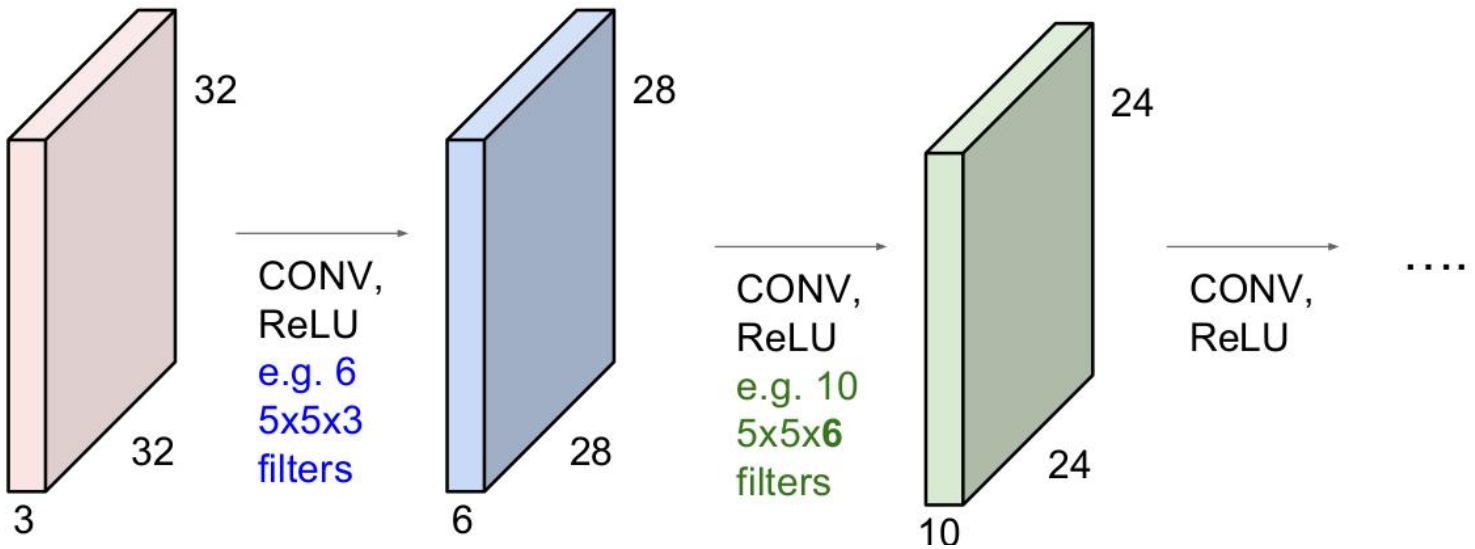
Stride = 2.



Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

Problema 1 Os mapas de ativação perdem suas bordas conforme passam por múltiplas camadas de convolução.



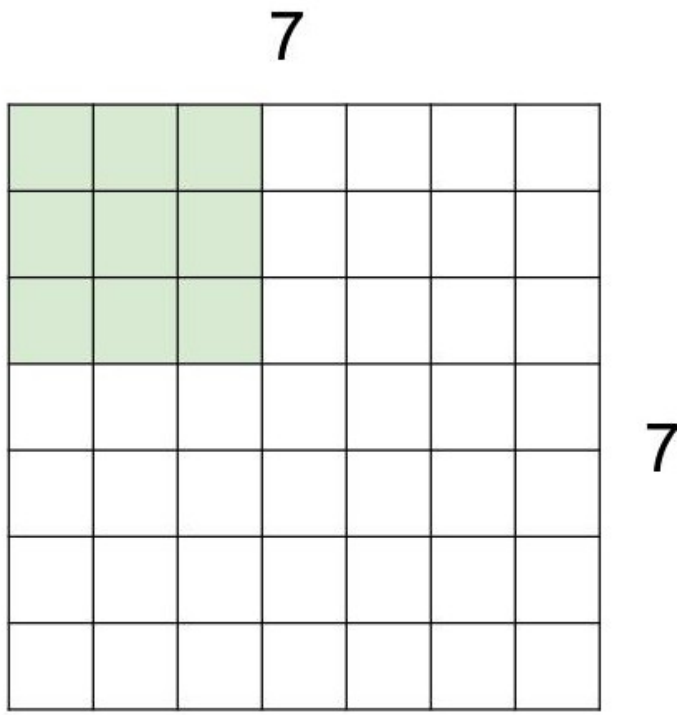
Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

Problema 2 O filtro pode não encaixar na imagem, devido à largura do passo.

Stride Largura do passo.

Stride = 3.



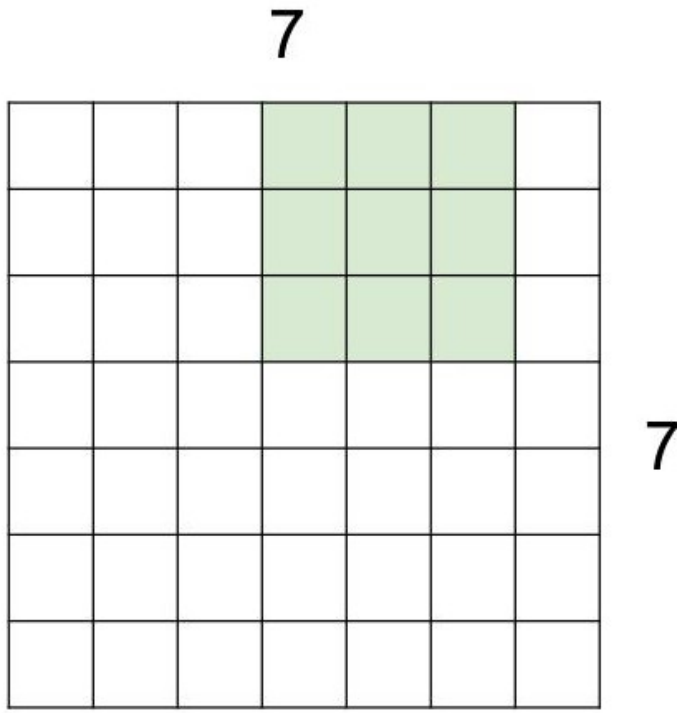
Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

Problema 2 O filtro pode não encaixar na imagem, devido à largura do passo.

Stride Largura do passo.

Stride = 3.



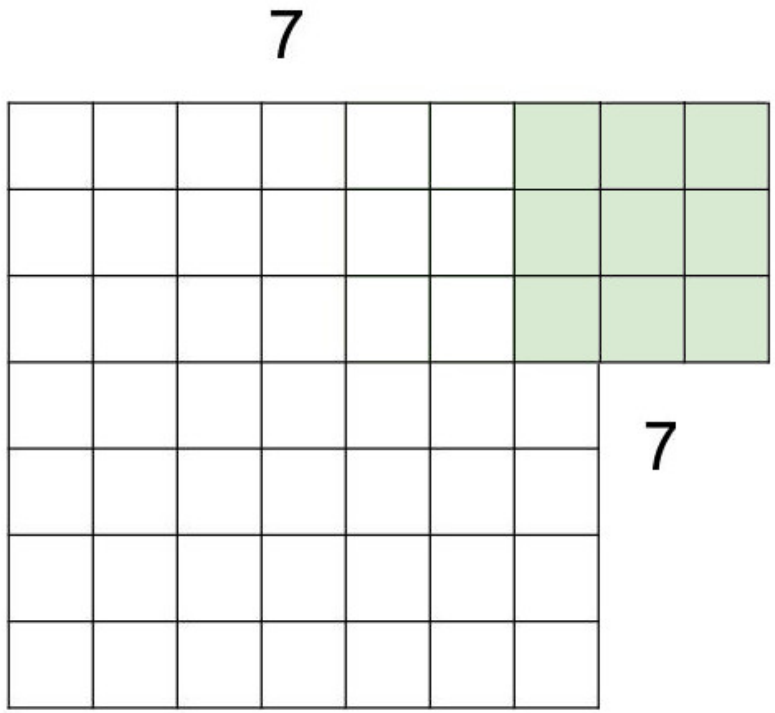
Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

Problema 2 O filtro pode não encaixar na imagem, devido à largura do passo.

Stride Largura do passo.

Stride = 3.

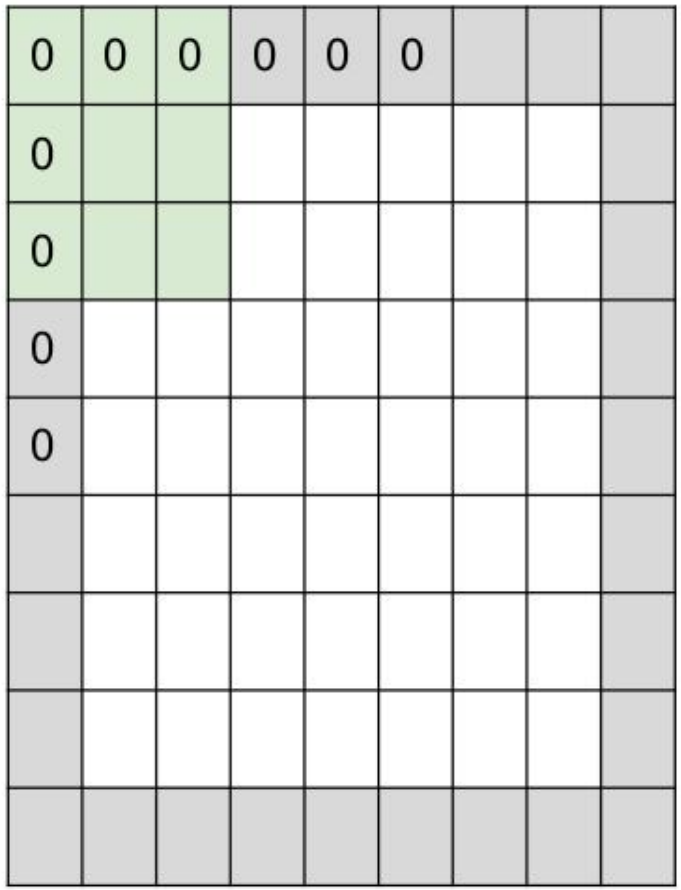


Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

Padding Preenchimento.

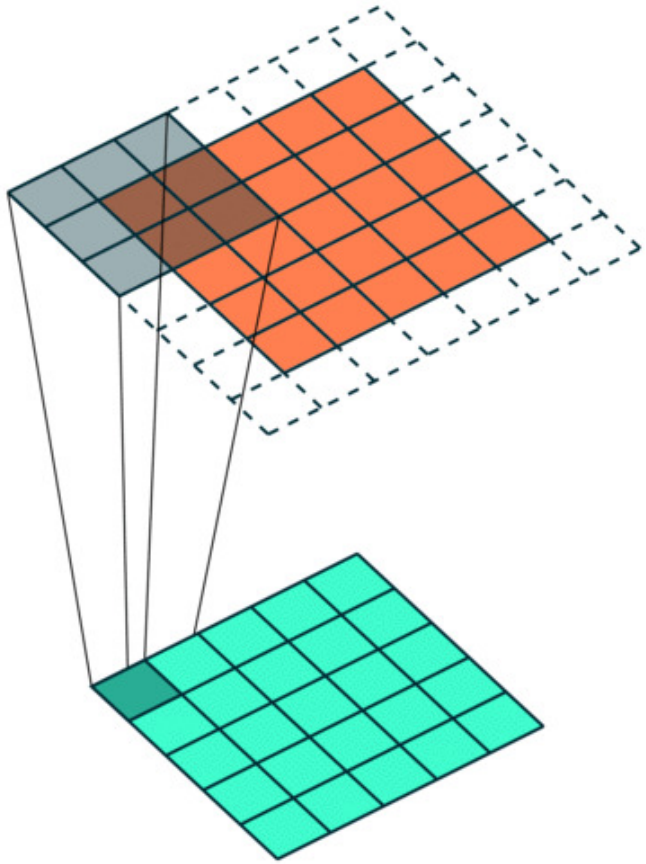
- Zero Padding
- Replicação
- Replicação circular



Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de convolução

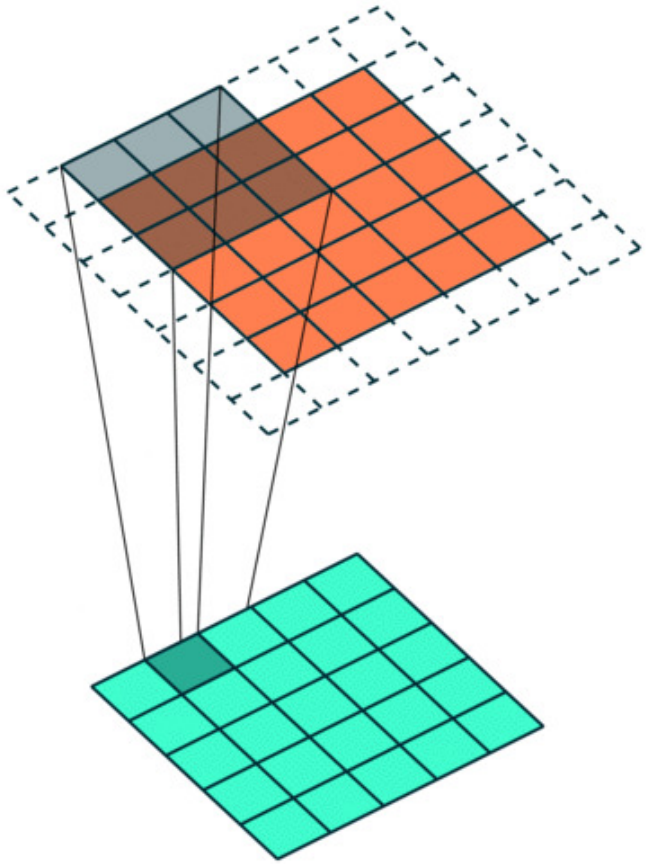
Padding Evita a perda das bordas.



Fonte: http://msyksphinz.hatenablog.com/entry/2017/07/11/020000

Camada de convolução

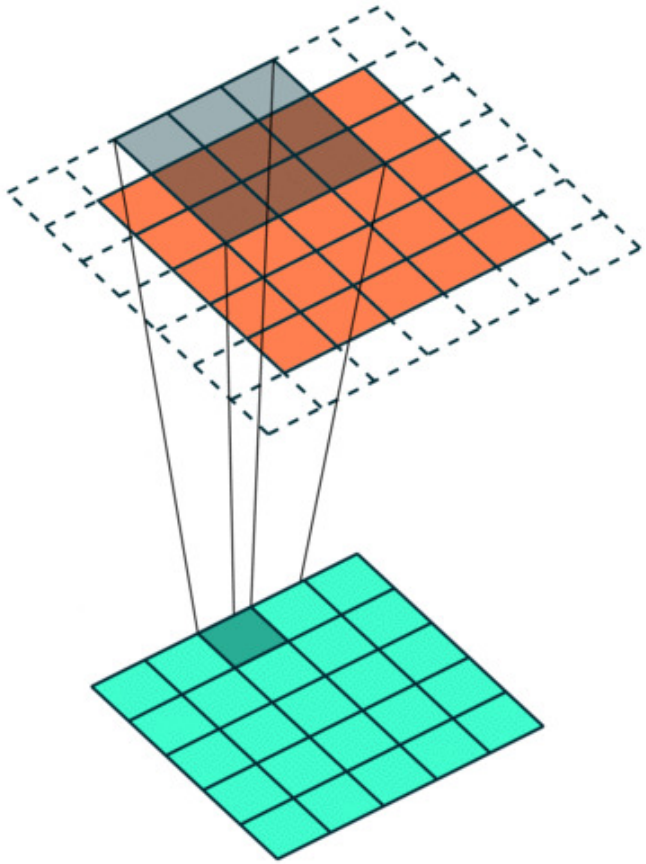
Padding Evita a perda das bordas.



Fonte: http://msyksphinz.hatenablog.com/entry/2017/07/11/020000

Camada de convolução

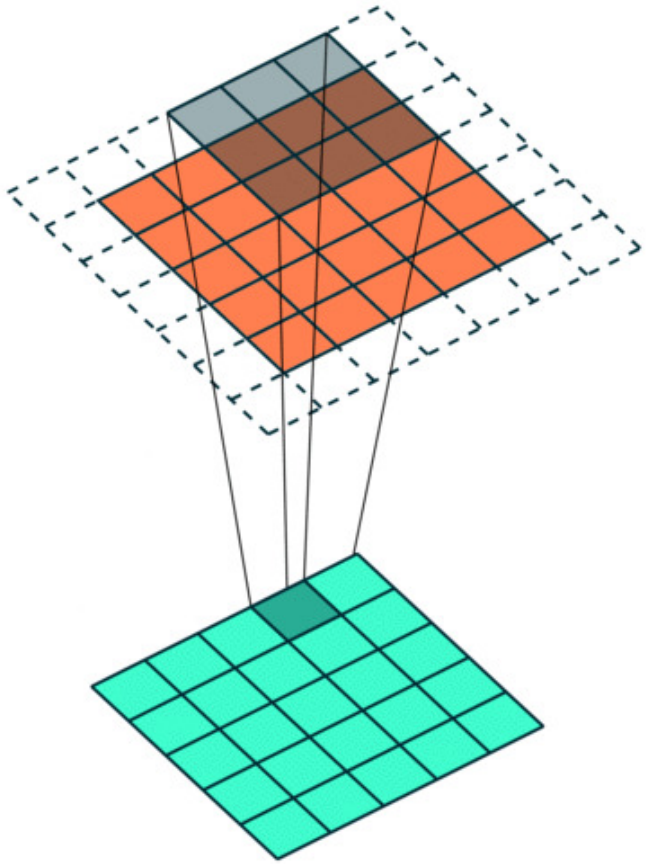
Padding Evita a perda das bordas.



Fonte: http://msyksphinz.hatenablog.com/entry/2017/07/11/020000

Camada de convolução

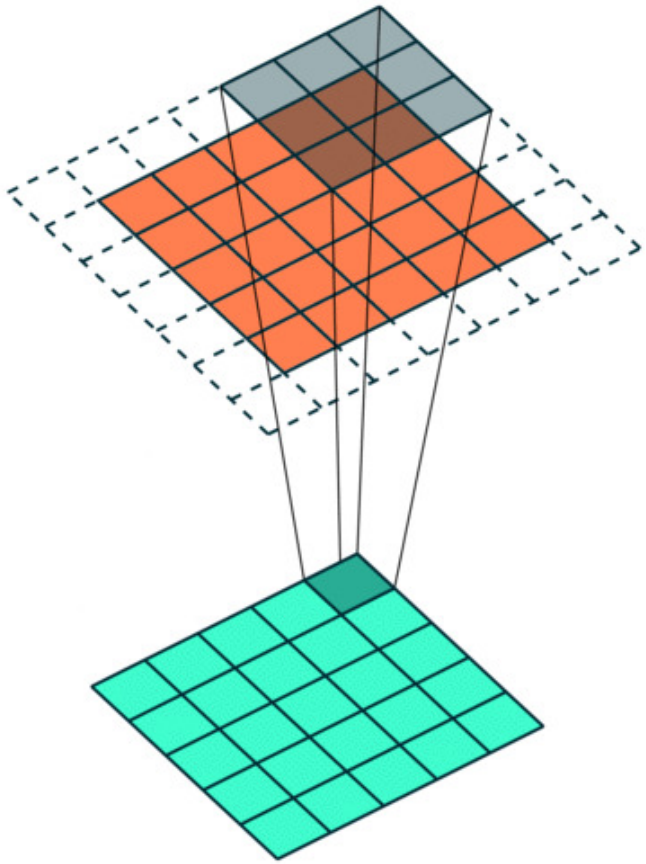
Padding Evita a perda das bordas.



Fonte: http://msyksphinz.hatenablog.com/entry/2017/07/11/020000

Camada de convolução

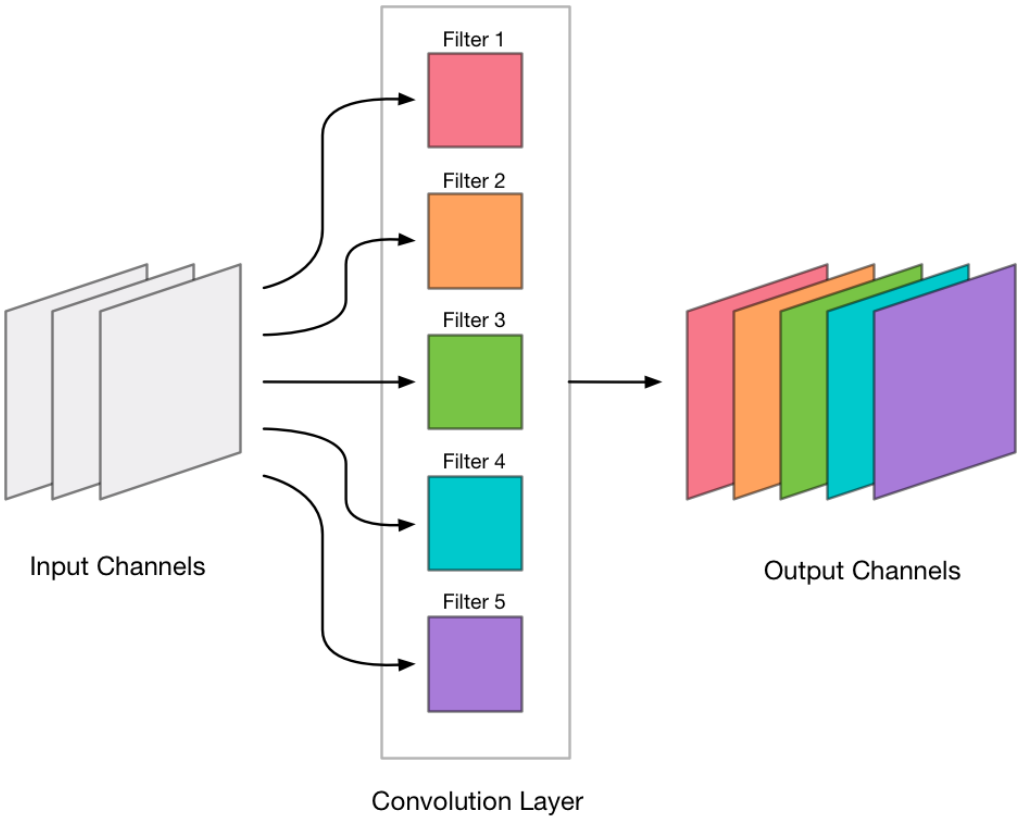
Padding Evita a perda das bordas.



Fonte: http://msyksphinz.hatenablog.com/entry/2017/07/11/020000

Camada de convolução

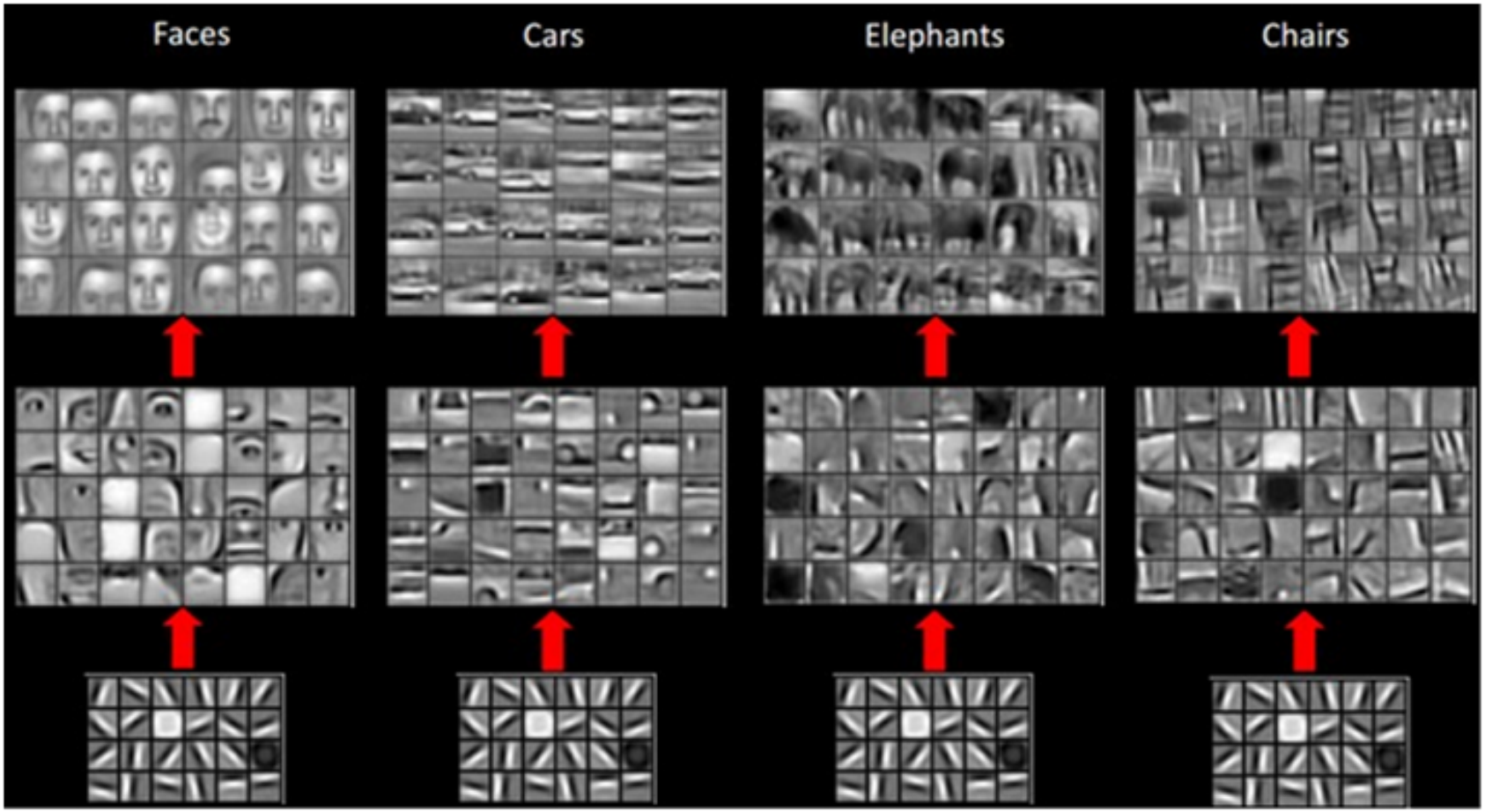
Filtros De onde vem os filtros?



Fonte: https://machinethink.net/blog/compressing-deep-neural-nets/

Camada de convolução

Filtros São definidos no processo de treinamento da CNN.

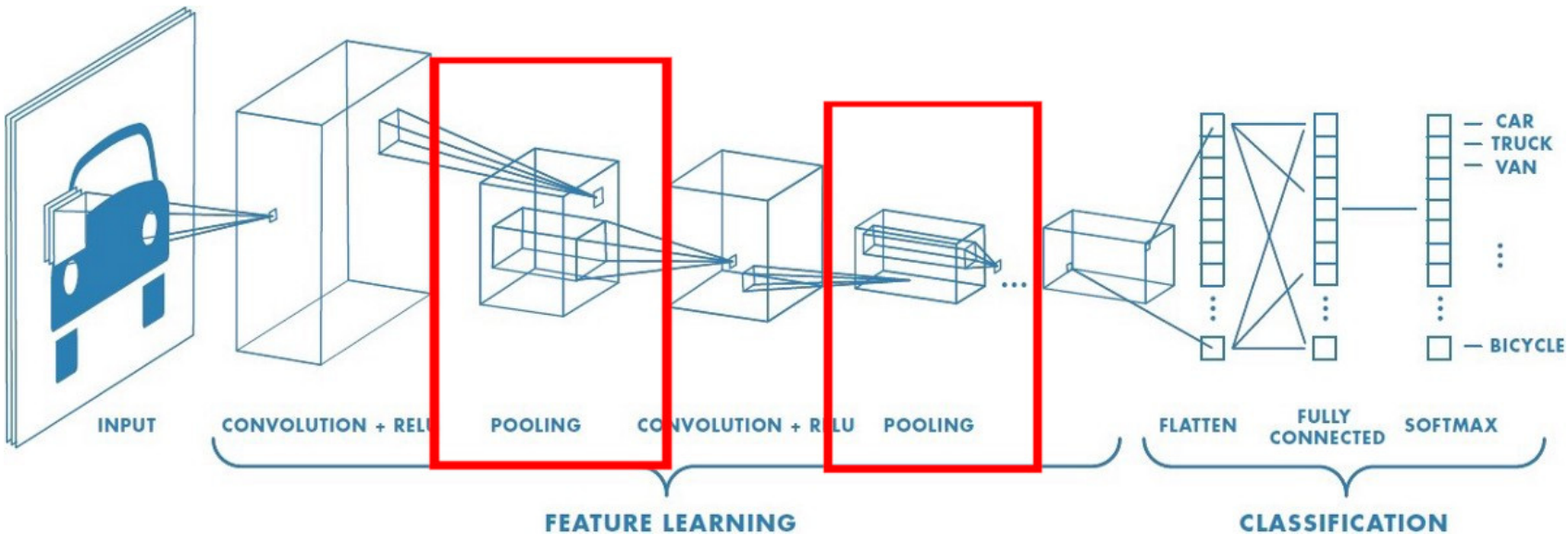


Fonte: https://ai.stanford.edu/~ang/papers/icml09-ConvolutionalDeepBeliefNetworks.pdf

Camada de pooling

CNN Introduz dois novos tipos de camadas:

- Camadas de convolução
- Camadas de pooling



Fonte: https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53

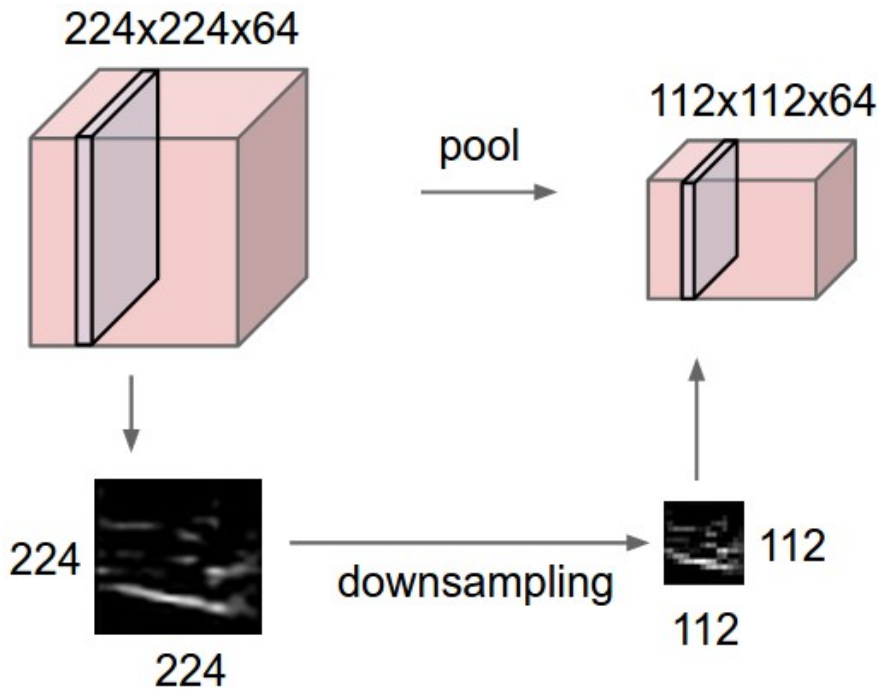
Camada de pooling

Pooling Agregação.

Objetivo Reduzir as dimensões espaciais dos mapas de ativação.

Auxilia na redução de:

- Parâmetros
- Processamento e uso memória
- Overfitting



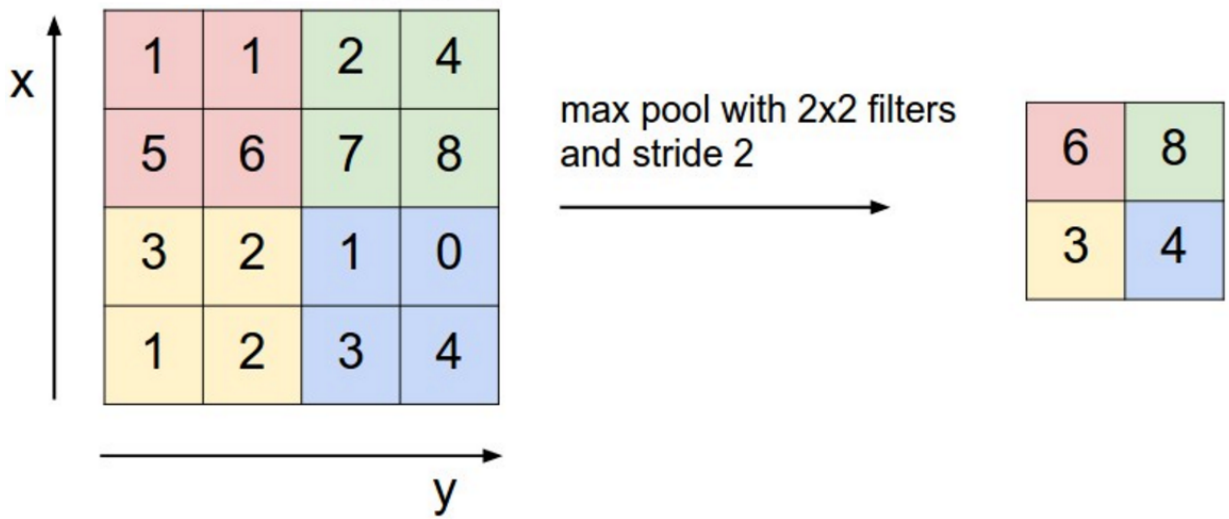
Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Camada de pooling

Max Pooling é a técnica de agregação mais comumente usada em CNNs.

Filtro Função máximo.

Stride Largura do passo.

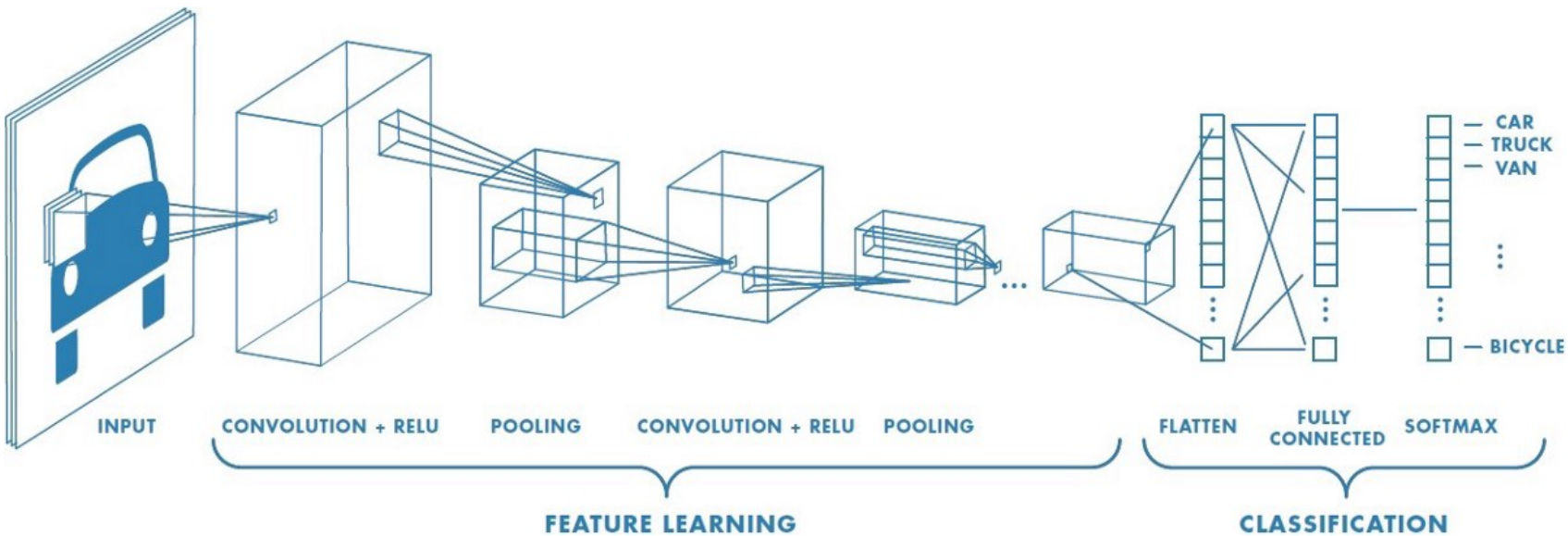


Fonte: http://cs231n.stanford.edu/slides/2019/cs231n_2019_lecture05.pdf

Redes neurais convolucionais

CNN Exemplo de rede neural convolucional para classificação:

- Camadas de convolução
- Camadas de pooling
- Achatamento
- Camadas totalmente conectadas
- Softmax

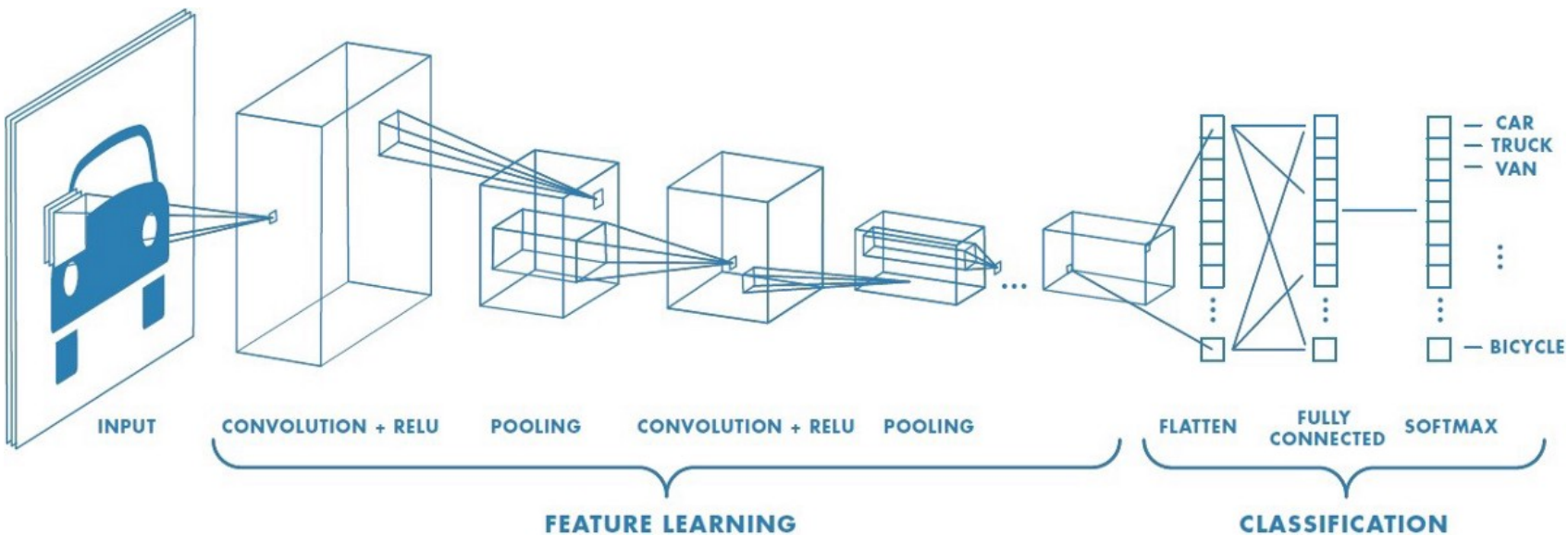


Fonte: https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53

Redes neurais convolucionais

CNN Implementações de camadas de convolução e pooling:

- Keras: Convolução e Pooling
- TensorFlow: Convolução e Pooling
- PyTorch: Convolução e Pooling
- MATLAB: Convolução e Pooling
- Caffe: Convolução e Pooling



Fonte: https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53

Perguntas