

Atividade Prática sobre Convolução

Valéria Lys Ribeiro Carneiro, 89397

Departamento de Engenharia Elétrica,

Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG Email: valerialribeiroc@gmail.com

Resumo—Este trabalho explora a convolução discreta no processamento de sinais e imagens utilizando ferramentas em Python. Os desafios envolveram suavização de sinais, melhoria de áudio e refinamento de detalhes em imagens. Os resultados demonstraram a versatilidade da convolução.

I. INTRODUÇÃO

A convolução é uma análise matemática fundamental no processamento de sinais e diversas outras áreas de estudo. Essa análise consiste na combinação de duas funções no domínio do tempo, com o objetivo de obter como saída uma outra função no domínio do tempo.

Através da aplicação da convolução, é possível, por exemplo, extrair informações importantes de imagens, permitindo que uma Rede Neural Convolutiva detecte padrões, como bordas, texturas e formas.

Este trabalho consiste na resolução de um roteiro de atividade prática proposto na matéria de Processamento Inteligente de Sinais, que compõe a grade curricular do curso de Especialização em Inteligência Artificial e Computacional da Universidade Federal de Viçosa.

II. OBJETIVOS

A. Objetivos Gerais

O objetivo deste trabalho é compreender e aplicar o conceito de convolução discreta em sistemas computacionais. A atividade busca explorar a convolução para modificar sinais de acordo com a resposta ao impulso de sistemas, avaliar os impactos em sinais unidimensionais e bidimensionais, e investigar suas aplicações em diferentes contextos, como processamento de áudio e realce de imagens.

B. Objetivos Específicos

Atender ao desafio proposto de resolver um roteiro de atividades e apresentar as análises e conclusões em um formato estruturado e acadêmico, atendendo aos padrões de um artigo científico.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do roteiro de atividades foi realizado utilizando a linguagem de programação Python, executada na plataforma Google Colab. Os materiais de entrada, como arquivos de áudio e imagens, foram disponibilizados, assim como os *scripts*, para garantir a análise detalhada dos resultados obtidos.

As orientações e conceitos fundamentais para a análise dos resultados foram fornecidos pelo professor da disciplina, Rodolpho Neves, em aula virtual síncrona, permitindo a elucidação eficiente de dúvidas e um entendimento claro dos tópicos abordados.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A. Desafio 1: Convolução de sinais simulados

a) O desafio 1 teve como objetivo a criação de um *script* para visualizar os sinais e sistemas, se familiarizar com os seus formatos e realizar a convolução de sinais simulados.

Foi criado um sistema LTI com resposta ao impulso $h = [1 \text{ zeros}(1,20) \ 0.5 \text{ zeros}(1,10)]$.

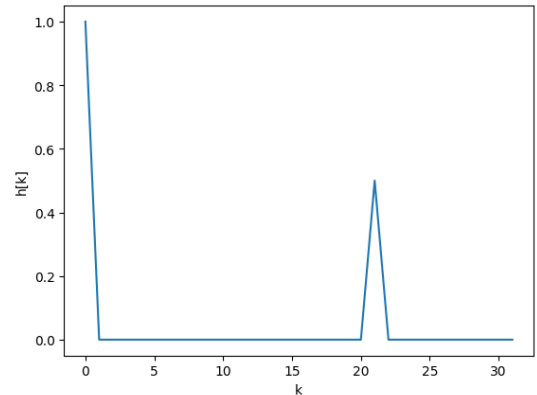


Figura 1. Resposta ao impulso $h[k]$ em função do índice k .

O gráfico foi gerado mostrando o comportamento temporal de h . O impulso inicial é seguido por um intervalo de zeros e uma segunda resposta de menor intensidade.

b) Uma entrada do sistema foi definida como $x = [0 \ 1:10 \text{ ones}(1,5) * 5 \text{ zeros}(1,10)]$. Para visualizar o formato da entrada, plotou-se o gráfico:

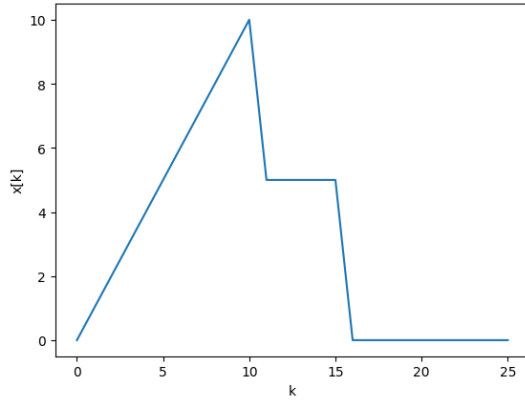


Figura 2. Sinal $x[k]$ em função do índice k .

O gráfico mostra um crescimento linear seguido por um platô e um decaimento abrupto.

c) A convolução entre a entrada x e a resposta ao impulso h foi calculada com $y = \text{np.convolve}(x, h)$, sendo np a biblioteca Numpy. A função utilizada só funciona corretamente com sinais unidimensionais, ao analisar sinais bidimensionais, outra alternativa deve ser aplicada.

Usando a função *subplots*, foram apresentados os gráficos da entrada, resposta ao impulso e saída.

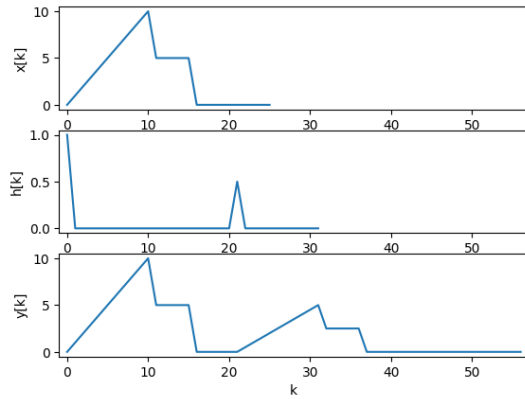


Figura 3. 1. Resposta ao impulso $h[k]$ em função do índice k . 2. Sinal $x[k]$ em função do índice k . 3. Convolução de x e h em função do índice k .

A saída evidencia a propagação do sinal pela resposta do sistema, com alterações na sua intensidade e largura.

B. Desafio 2: Resposta ao impulso quadrada

a) O arquivo `trumpet.mat` foi carregado, contendo o sinal `trumpet.y` e a frequência de amostragem `trumpet.Fs`. O sinal foi plotado, exibindo sua forma de onda.

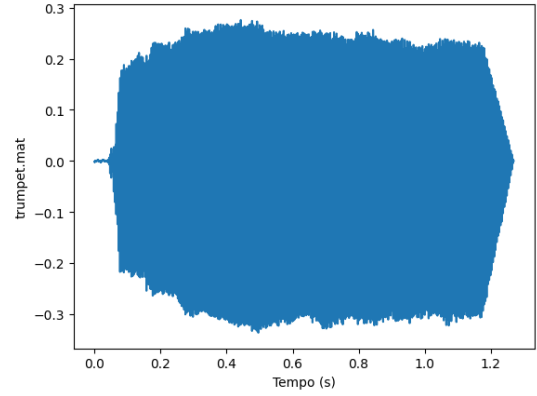


Figura 4. `Trumpet.mat` em função do tempo.

Foi criada uma resposta ao impulso quadrada $h2 = [\text{ones}(1,50)/50 \text{ zeros}(1,20)]$.

Essa resposta ao impulso quadrada é caracterizada como um filtro passa-baixa, isso significa que ela suaviza o sinal ao atenuar componentes de alta frequência.

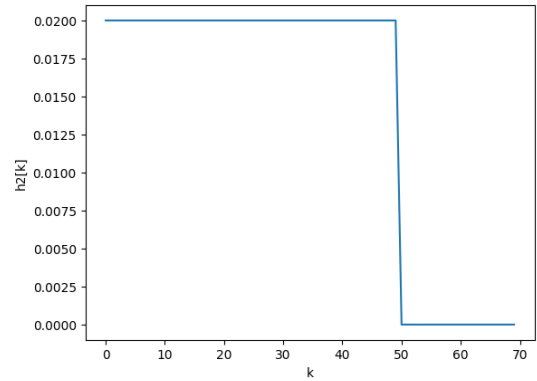


Figura 5. $h[k]$ em função de k .

O sinal convoluido $y2$ foi gerado com $y2 = \text{np.convolve}(\text{trumpet}_y, h2)$.

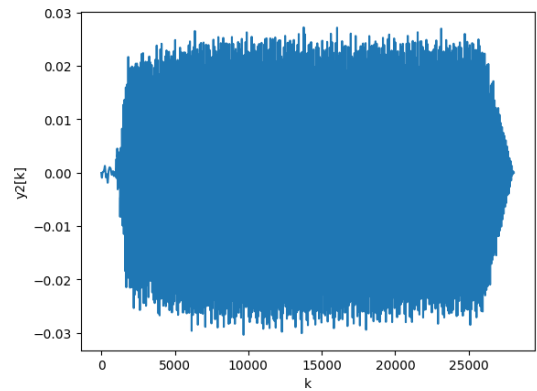


Figura 6. Convolução entre `trumpet.mat` e $h2$.

Comparando os sinais original e convoluido, observou-se uma suavização perceptível, especialmente em regiões de

alta variabilidade. O sinal original e o sinal convoluído foram reproduzidos para análise auditiva, observou-se que o sinal convoluído se tornou menos estridente que o original, demonstrando que o filtro cumpriu o seu propósito.

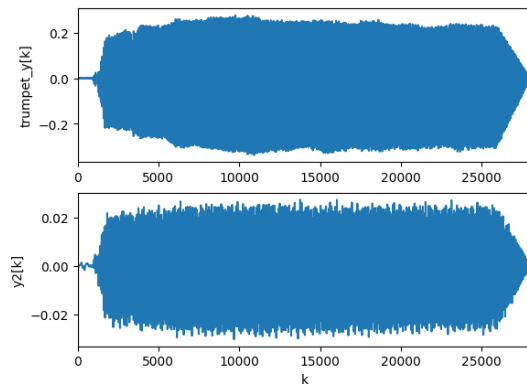


Figura 7. Comparação entre o sinal original e o sinal convoluído.

b) Sobre a relação entre o número de "uns" e "zeros" em h_2 , ela determina a eficácia e a extensão temporal do filtro passa-baixa respectivamente. Alterar esses valores permite ajustar o grau de suavização do sinal, o prolongamento da resposta ao impulso no tempo e o equilíbrio entre a preservação das características do sinal original e a atenuação de suas componentes de alta frequência.

C. Desafio 3: Realce de imagens lunares

A imagem lua.jpg foi carregada e exibida com `imshow(img, cmap='gray')` e convertida para a escala de cinza com `cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)`, sendo `cv2` a biblioteca do `opencv`, com o objetivo de obter vetores bidimensionais.



Figura 8. Imagem "lua.png".

A imagem original apresenta detalhes moderados.

Em seguida, um kernel de realce foi definido como $F = [-1 \ -1 \ -1; -1 \ 8 \ -1; -1 \ -1 \ -1]$.

A imagem foi convoluída com o kernel de realce usando `signal.convolve2d(img, F)`, sendo `signal` a biblioteca do `scipy`.

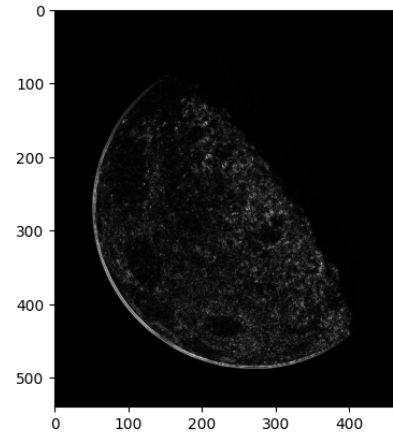


Figura 9. Convolução da imagem com o kernel de realce.

Então, foi feita a soma da imagem original com a convoluída, que resultou em um realce significativo dos detalhes, especialmente nas bordas e texturas. As características realçadas incluem crateras e contornos na superfície lunar.

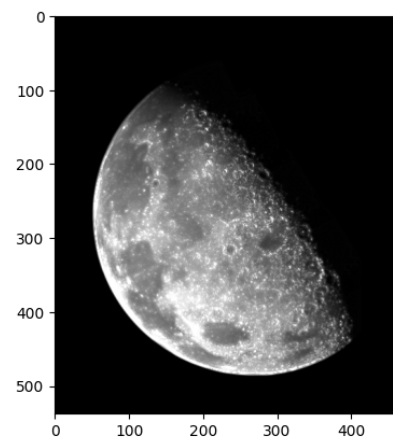


Figura 10. Soma da imagem original com a convolução da imagem com o kernel de realce.

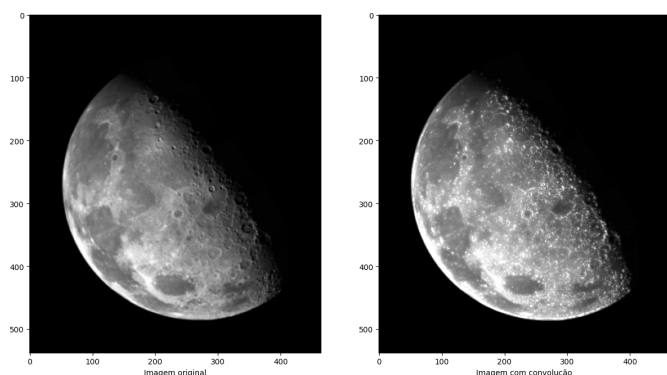


Figura 11. Comparativo da Figura 8 com a Figura10

D. Desafio 4: Filtro de suavização

A imagem texto.jpg foi carregada e exibida.

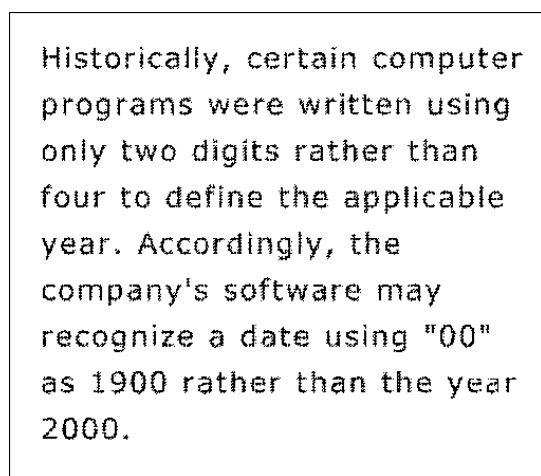


Figura 12. Imagem "texto.jpg".

Um kernel foi definido como $F = (1/9) * [1 \ 1 \ 1; 1 \ 1 \ 1; 1 \ 1 \ 1]$, sendo um filtro de suavização.

A imagem foi, então, convoluída com o kernel F.

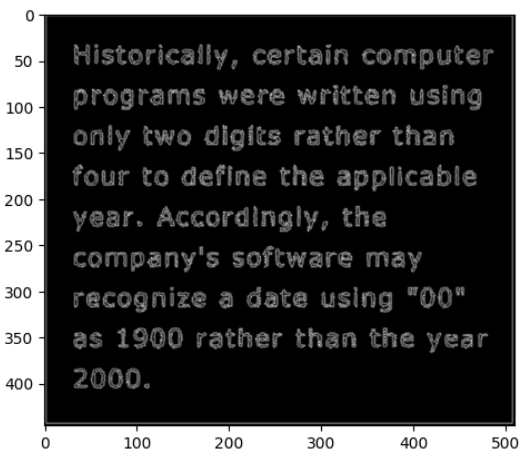


Figura 13. Imagem convoluída com o kernel.

Como resultado, a imagem apresentou uma redução significativa de ruídos e irregularidades, resultando em contornos mais suaves e menos contrastantes. Este tipo de filtro é conhecido como filtro passa-baixa, comumente usado para reduzir ruídos em imagens. Por ser uma matriz 3×3 , o filtro realiza a média dos pixels vizinhos imediatos a um pixel específico para calcular seu novo valor, como todos os pesos da matriz possuem o mesmo valor, cada pixel contribui igualmente para a média, contribuindo com a uniformidade da imagem resultante. Um efeito colateral é que a nitidez da imagem pode ser, também, reduzida.

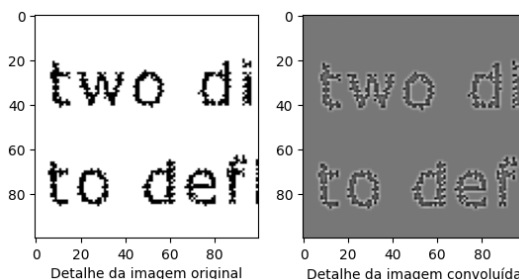


Figura 14. Detalhe das imagens aproximadas.

V. CONCLUSÕES

A convolução demonstrou ser uma ferramenta poderosa para modificação e análise de sinais discretos. No processamento de sinais, a escolha da resposta ao impulso ou kernel determina o efeito desejado, sendo suavização ou realce de componentes frequenciais. No processamento de imagens, é possível ajustar bordas e texturas, ampliando detalhes ou reduzindo ruídos.

Nos experimentos realizados, evidenciou-se a importância de compreender a relação entre os parâmetros da convolução e o domínio do sinal. A aplicação em áudio e imagens ilustra a versatilidade da operação e sua relevância em diversas áreas da inteligência artificial.

REFERÊNCIAS

- [1] Gonzalez, R. C., e Woods, R. E. (2010). *Processamento de Imagens Digitais*. 3ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall.