

Técnicas de Contraste de Imagem

Definição Geral

O **contraste** é a diferença de luminosidade ou cor que permite distinguir objetos e detalhes dentro de uma imagem.

O **aumento de contraste** é uma técnica de **processamento digital de imagens (PDI)** usada para **melhorar a interpretação visual** e **realçar informações ocultas**, ajustando a distribuição das intensidades dos pixels.

➡ Em imagens médicas, como as de **ressonância magnética (MRI)**, o contraste natural entre tecidos saudáveis e tumorais é frequentemente sutil.

Por isso, o aumento de contraste é **essencial para destacar estruturas** e **melhorar o desempenho de algoritmos de detecção automática**, como as **redes neurais convolucionais (CNNs)**

Como o processo funciona

O aumento de contraste **manipula o histograma da imagem** — isto é, a distribuição dos valores de brilho.

Quando muitos pixels estão concentrados em uma pequena faixa de intensidade, o algoritmo **redistribui esses valores** para ocupar melhor a faixa dinâmica total (por exemplo, de 0 a 255).

💡 Esse “**esticamento do histograma**” realça detalhes que antes estavam ocultos em áreas muito escuras ou claras.

Técnicas de Aumento de Contraste

1. Transformações Não Lineares

Essas técnicas aplicam uma **curva de mapeamento** (função de transferência) sobre a intensidade dos pixels, ajustando o contraste de forma **seletiva**.

A **inclinação da curva** determina o quanto o contraste será reforçado em cada faixa de brilho.


a) Transformação Logarítmica

- Ideal para **expandir sombras** (áreas escuras).
- A curva é **íngreme nos níveis baixos de brilho**, destacando detalhes escondidos em regiões subexpostas — comuns em exames de MRI.

- Fórmula típica: $s = c \cdot \log(1+r)$

$$s = c \cdot \log(1+r) \quad s = c \cdot \log(1 + r)$$

onde r é a intensidade do pixel original e c é uma constante de ajuste.


 *Aplicação prática:*

Revela texturas e bordas em regiões de baixa luminosidade, sem afetar demais as áreas claras.

b) Transformação de Potência (Gamma)

- Controla o brilho e contraste global por meio do **parâmetro γ (gamma)**.
- Se $\gamma < 1$, clareia as sombras; se $\gamma > 1$, escurece as áreas claras.
- Fórmula típica: $s = c \cdot r^\gamma$

$$s = c \cdot r^\gamma \quad s = c \cdot r^{\gamma}$$

 *Limitação:* ambas são **globais**, ou seja, aplicam o mesmo ajuste para toda a imagem — o que pode ser ineficaz se diferentes regiões precisarem de contrastes distintos.

2. Equalização de Histograma (HE)

Técnica **automática** que redistribui as intensidades para **uniformizar o histograma**.

O objetivo é **utilizar melhor a faixa dinâmica** e **maximizar o contraste global**.

- Baseia-se na **Função de Distribuição Cumulativa (CDF)**, que descreve a probabilidade de um pixel ter intensidade \leq a um certo valor.

- A CDF é usada como função de mapeamento para “espalhar” os níveis de cinza.

Vantagens:

- Não precisa de ajustes manuais.
- Boa para imagens com baixa variação de brilho.

Desvantagens:

- Amplifica ruídos em regiões homogêneas.
- Falha em realçar **contrastes locais** — algo essencial na detecção de **tumores pequenos**.

3. **Equalização Adaptativa (CLAHE)**

O **CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)** é uma evolução do HE clássico, desenvolvido para corrigir suas falhas.

Mecanismo:

1. **Adaptativo:**

Divide a imagem em **pequenas regiões (blocos)** e aplica a equalização de histograma **localmente**, realçando detalhes específicos em cada área.

2. **Limitado por Contraste:**

Impõe um **limite no ganho de contraste** para evitar amplificação excessiva de ruído.

Se algum valor ultrapassar o limite, é redistribuído uniformemente.

Resultado:

- Melhora significativa no contraste **sem saturar** a imagem.
- Detalhes estruturais e contornos de tecidos ficam mais nítidos.
- Gera imagens ideais para **entrada em redes neurais**, otimizando a detecção e segmentação de tumores.

Aplicação em Redes Neurais

Após o aumento de contraste (especialmente via CLAHE), as imagens são alimentadas em **modelos de Deep Learning** — por exemplo, arquiteturas **U-Net** — para realizar tarefas como **segmentação e detecção de tumores**.

🔍 O sucesso do modelo depende diretamente da **qualidade do pré-processamento**: quanto mais realçados os detalhes do tumor, melhor será o aprendizado da rede.

Conclusão

O aumento de contraste é uma **etapa essencial do pré-processamento em imagens médicas**.

Ele transforma imagens com baixo contraste em versões mais informativas e ricas em detalhes, permitindo que tanto especialistas humanos quanto algoritmos consigam **identificar estruturas críticas com precisão**.

📌 Em resumo:

- **Transformações não lineares**: simples e controláveis, mas globais.
- **HE**: automatiza o processo, porém tende a exagerar.
- **CLAHE**: combina o melhor dos dois mundos — controle adaptativo, contraste equilibrado e ruído reduzido.

💬 "O CLAHE transforma um desafio de baixo contraste em uma oportunidade de alto contraste, pavimentando o caminho para diagnósticos mais rápidos e precisos."