

**1. Explique como a transformação power-law ( $s = c r^\gamma$ ) e a transformação logarítmica ( $s = c \log(1 + r)$ ), alteram o contraste global e local da imagem. Forneça exemplos e comparações com a transformação linear.**

A transformação power-law pode expandir e comprimir faixas de intensidade dependendo do valor de  $\gamma$ . Com valores de  $\gamma$  menor que 1, o contraste em áreas de baixa intensidade é aumentado, realçando áreas mais escuras. Com valores de  $\gamma$  maiores de 1, o contraste diminui em áreas de baixa intensidade.

A transformação logarítmica realça detalhes nas áreas de baixa intensidade e melhora o contraste. Essa transformação comprime a faixa de valores de intensidade mais altos e expande os valores mais baixos.

As transformações power-law e logarítmica podem alterar o contraste local da imagem ao destacar detalhes nas áreas de baixa intensidade. Enquanto a transformação linear ajusta o contraste na imagem de forma uniforme.

Supondo que queremos diminuir os valores de intensidades em cada uma das transformações.

- Na transformação linear, todos os valores de intensidades da imagem serão reduzidos.
- Na transformação power-law, com um gamma maior que 1, haverá uma compressão das intensidades mais altas e uma expansão das intensidades mais baixas.
- Na transformação logarítmica, haverá uma compressão das intensidades mais altas e expansão das intensidades mais baixas.

**2. Sobre o Bit-Plane Slicing:**

**a. Proponha um algoritmo que pode ser usado para extrair os planos de uma imagem, ao convertermos os valores de intensidade de pixels para binário.**

Input: Imagem em escala de cinza com valores de intensidade de 0 a 255.

função BitPlaneSlicing(imagem): array\_de\_planos[]

```
para cada num_plano de 0 a 7:
    plano <- cria uma matriz com a mesma forma que a imagem preenchida
    por zeros

    para cada pixel [i][j] da imagem:
        valor_do_pixel <- imagem[i][j]
        bits <- converte valor_do_pixel para binário

        para cada bit de 0 a 7 em bits:
            se bit == num_plano então:
                plano[i][j] <- 1 //forma um plano binário

    adicione plano ao array_de_planos

retorna array_de_planos
```

O algoritmo percorre cada pixel da imagem, converte o valor de intensidade do pixel para binário, para cada plano de bit mantém apenas o bit correspondente a esse plano e descarta os outros bits.

b. Abaixo, temos a intensidade dos pixels de uma determinada imagem. Mostre os valores dos pixels em cada um dos 8 planos:

0	10	10	10	0
0	85	150	222	5
4	250	180	215	10
10	200	195	225	5
8	15	15	15	0

Valores das intensidades convertidos em binário:

00000000	00001010	00001010	00001010	00000000
00000100	01010101	10010110	11011110	00000101
00001010	11111010	10110100	11010111	00001010
00000000	11001000	11000011	11100001	00000101
00001000	00001111	00001111	00001111	00000000

Valor em binário e em decimal para cada plano:

Plano 1 (menos significativo):

- em binário:

00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
00000000	00000001	00000000	00000000	00000001
00000000	00000000	00000000	00000001	00000000
00000000	00000000	00000001	00000001	00000001
00000000	00000001	00000001	00000001	00000000

- plano binário resultante:

0	0	0	0	0
0	1	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	1	1
0	1	1	1	0

Plano 2:

- em binário:

--	--	--	--	--

00000000	00000010	00000000	00000010	00000000
00000000	00000000	00000010	00000010	00000000
00000010	00000010	00000000	00000010	00000010
00000000	00000000	00000010	00000000	00000000
00000000	00000010	00000010	00000010	00000000

- plano binário resultante:

0	1	0	1	0
0	0	1	1	0
1	1	0	1	1
0	0	1	0	0
0	1	1	1	0

Plano 3:

- em binário:

00000000	00000000	00000000	00000100	00000000
00000100	00000100	00000100	00000100	00000100
00000000	00000000	00000100	00000100	00000000
00000000	00000000	00000000	00000000	00000100
00000000	00000100	00000100	00000100	00000000

- plano binário resultante:

0	0	0	1	0
1	1	1	1	1
0	0	1	1	0
0	0	0	0	1
0	1	1	1	0

Plano 4:

- em binário

00000000	00001000	00001000	00001000	00000000
00000000	00000000	00000000	00001000	00000000
00001000	00001000	00000000	00000000	00001000
00000000	00001000	00000000	00000000	00000000
00001000	00001000	00001000	00001000	00000000

- plano binário resultante:

0	1	1	1	0
---	---	---	---	---

0	0	0	1	0
1	1	0	0	1
0	1	0	0	0
1	1	1	1	0

Plano 5:

- em binário

00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
00000000	00010000	00010000	00010000	00000000
00000000	00010000	00010000	00010000	00000000
00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
00000000	00000000	00000000	00000000	00000000

- plano binário resultante:

0	0	0	0	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Plano 6:

- em binário

00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
00000000	00100000	00100000	00000000	00000000
00000000	00000000	00000000	00100000	00000000
00000000	00000000	00000000	00000000	00000000

- em decimal:

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1	1	0	0
0	0	0	1	0
0	0	0	0	0

Plano 7:

- em binário

--	--	--	--	--

00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
00000000	01000000	00000000	01000000	00000000
00000000	01000000	00000000	01000000	00000000
00000000	01000000	01000000	01000000	00000000
00000000	00000000	00000000	00000000	00000000

- plano binário resultante:

0	0	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0

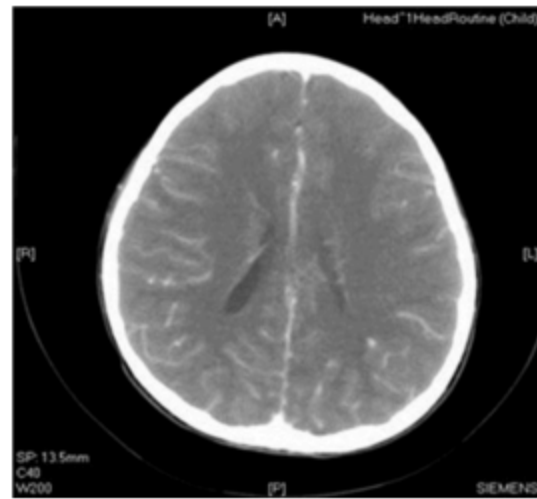
Plano 8 (mais significativo):

00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
00000000	00000000	10000000	10000000	00000000
00000000	10000000	10000000	10000000	00000000
00000000	10000000	10000000	10000000	00000000
00000000	00000000	00000000	00000000	00000000

- plano binário resultante:

0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0

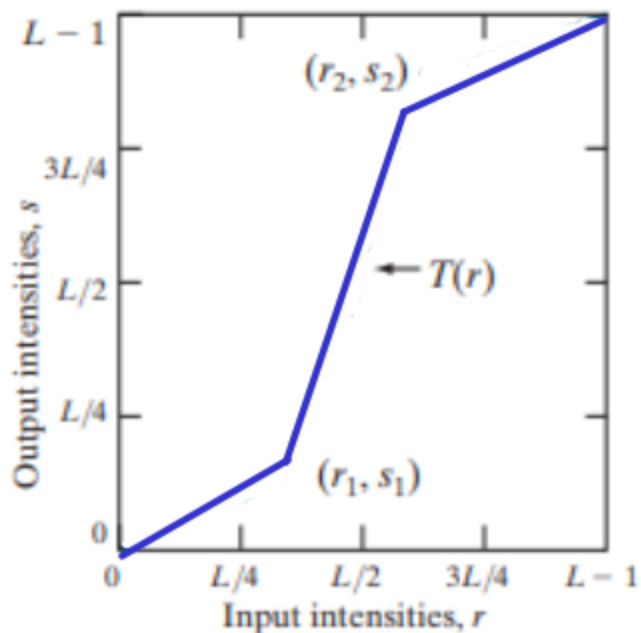
**3. Imagine que você possui duas imagens médicas: uma radiografia de tórax com baixa exibição de detalhes nos pulmões (devido a pouca variação de intensidade) e uma tomografia computadorizada do cérebro com alto contraste entre o tecido cerebral e os ventrículos (espaços fluidos). Conforme imagens abaixo:**



a. Explique detalhadamente como você aplicaria o alongamento de contraste (Contrast Stretching) em cada imagem para melhorar a visualização de informações clinicamente relevantes. Justifique sua escolha de parâmetros para o alongamento de contraste em cada caso (por exemplo, valores mínimos e máximos para o alongamento).

- Radiografia de tórax

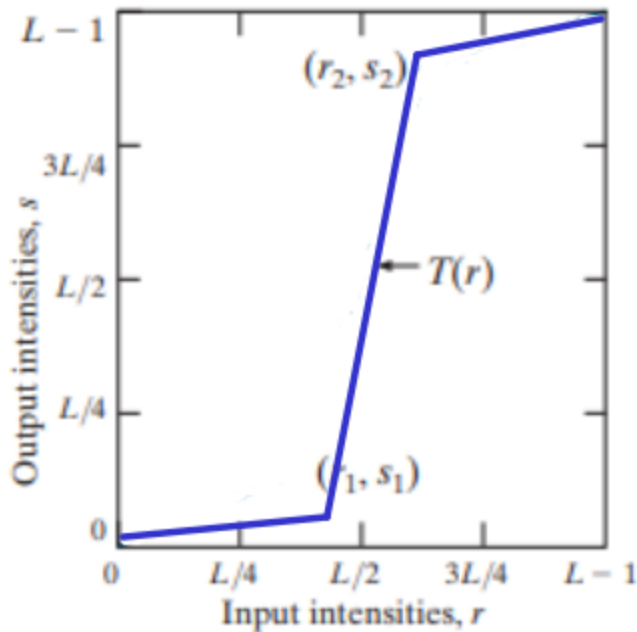
Na radiografia do tórax, a maior parte da imagem está em tons de cinza e com algumas poucas variações mais escuras dos detalhes dos pulmões. Como o objetivo é destacar os detalhes mais escuros da imagem, que representam os pulmões, o valor mínimo de intensidade será ajustado para realçar essas regiões mais escuras e o valor máximo de intensidade será ajustado para ampliar o contraste. Então, o valor mínimo será uma intensidade mais baixa do que a intensidade mínima original, e o valor máximo será uma intensidade mais alta que a máxima original. Assim, os detalhes mais escuros, que são dos pulmões, ficarão mais escuros e distoantes dos outros detalhes, que estarão mais claros.



- Tomografia computadorizada do cérebro

Na tomografia do cérebro, já está presente um alto contraste entre o tecido cerebral e os ventrículos, então o objetivo seria ampliar mais ainda esse contraste. Então, o valor mínimo será próximo da intensidade do

tecido cerebral, para deixá-lo mais escuro, e o valor mínimo será próximo da intensidade dos ventrículos. Então,  $r_1$  ficaria próximo da intensidade dos ventrículos e  $r_2$  próximo da intensidade do tecido cerebral.  $s_1$  ficaria próximo de 0 e  $s_2$  próximo de  $L-1$ .



**b. Compare o impacto do alongamento de contraste nas duas imagens em relação à visualização de detalhes e à amplificação de ruído. Discuta por que o alongamento de contraste pode afetar essas características de forma diferente nas duas imagens.**

Na radiografia do tórax, há um baixo contraste entre os detalhes dos pulmões e o restante da imagem, então é menos provável que tenha amplificação do ruído, já que não há muita informação para ser amplificada além dos pulmões.

Na tomografia do cérebro, já há um alto contraste entre o tecido cerebral e os ventrículos, então ao aumentar ainda mais esse contraste, alguns outros detalhes que podem ser classificados como ruídos podem ficar mais evidentes.

**c. Identifique possíveis limitações do alongamento de contraste em cada cenário. Sugira técnicas alternativas de realce de contraste que poderiam ser empregadas como complemento ou substituição ao alongamento de contraste, justificando sua escolha.**

Na radiografia do tórax, com o alongamento de contraste ainda tem a possibilidade da imagem continuar com alguns detalhes limitados por causa da baixa variação de intensidade da imagem original. Uma boa alternativa seria usar a equalização do histograma, pois ele redistribui as intensidades de forma mais uniforme.

Na tomografia do cérebro, o alongamento de contraste pode resultar em aumento excessivo de contraste e amplificação de ruídos. Uma boa alternativa seria usar o Intensity-Level Slicing, assim seria possível apenas intensificar as intensidades específicas da imagem.

**4. (Opcional) Ao final da lista, temos as imagens da questão anterior no seu tamanho original. Use as imagens e faça o procedimento sugerido na resposta da questão 3. E mostre o resultado das imagens.**

**5. Explique por que a técnica de equalização do histograma discreto não produz um histograma**

## plano em geral.

A técnica de equalização do histograma discreto não produz um histograma plano pelos seguintes motivos:

- Em imagens onde há ruídos ou variações significativas nos valores de intensidade dos pixels, após a equalização do histograma ainda pode haver regiões da imagem com intensidades mais concentradas resultando em picos no histograma.
- Se certos valores de intensidade não estiverem presentes na imagem original ou forem muito poucos, a equalização do histograma não terá uma distribuição uniforme.
- Pela natureza discreta, os valores de intensidade são limitados, o que pode levar a sobreposição de valores no histograma, causando picos ou descontinuidades.

**6. Discuta as limitações da equalização de histograma, como sua sensibilidade a ruído e sua capacidade de realçar detalhes em áreas com baixo contraste. Apresente casos em que a equalização de histograma pode não ser a técnica ideal para melhorar a qualidade da imagem.**

A equalização do histograma pode aumentar o ruído da imagem, por que, como a equalização redistribui os valores de intensidade, o ruído que está em áreas de baixo contraste pode se tornar mais evidente. Da mesma forma os detalhes em áreas com baixo contraste também são realçados pela expansão dos valores de intensidade. Se uma imagem já possui um nível significativo de ruído ou detalhes indesejados, a equalização de histograma pode não ser a melhor opção para aumentar o contraste.

A equalização de histograma também pode fazer com que informações de bordas ou detalhes sutis sejam suavizados ou perdidos. Isso pode não ser adequado em imagens científicas ou médicas, pois esses detalhes perdidos podem ser cruciais.

**7. Duas imagens,  $f(x,y)$  e  $g(x,y)$ , apresentam histogramas não normalizados,  $h_f$  e  $h_g$ , respectivamente. Descreva as condições sob as quais é possível determinar os histogramas de imagens formadas da seguinte maneira: a.  $f(x,y) - g(x,y)$ . b.  $f(x,y) * g(x,y)$ . c.  $f(x,y) / g(x,y)$ . Mostre como os histogramas seriam formados em cada caso.**

a) Ao subtrair uma imagem de outra imagem, os histogramas são subtraídos um do outro.  $h_{f-g}(i) = h_f(i) - h_g(i)$ . Porém, essa subtração pode resultar em valores de intensidade negativos, então é preciso ajustar os valores para dentro do intervalo  $[0, L-1]$ .

b) Ao multiplicar duas imagens, os valores de intensidades resultantes são o produto das intensidades dos dois histogramas.  $h_{f-g}(i) = h_f(i) - h_g(i)$ . Nesse caso, a multiplicação direta dos histogramas pode resultar em valores de intensidade muito grandes causando uma distorção no histograma pela grande diferença dos valores. Assim como no caso da subtração, também é necessário ajustar os valores para dentro do intervalo  $[0, L-1]$ .

c) Ao dividir os valores de uma imagem pela outra, o histograma  $f$  é dividido pelo histograma  $g$ :  $h_{f/g}(i) = h_f(i)/h_g(i)$ . É necessário garantir que não ocorra divisão por zero (quando  $g(x,y) = 0$ ), pode-se adicionar um algum valor para substituir o zero. Os valores resultantes também devem ser arredondados para corresponder aos valores específicos de intensidade no intervalo  $[0, L-1]$ .

**8. Compare e contraste as técnicas de equalização de histograma e equalização de histograma especificada. Apresente exemplos de cenários onde cada técnica é mais adequada e explique como a equalização de histograma especificada pode ser utilizada para obter resultados mais direcionados.**



A equalização do histograma redistribui os valores de intensidade de modo que a distribuição do histograma resultante seja uniforme. É mais adequada quando se procura uma melhora do contraste global da imagem, sem resultados específicos

A equalização de histograma especificada é uma variação da equalização de histograma no qual a forma do histograma é especificada para ajustar a distribuição de valores intensidade da imagem. É mais adequada quando é preciso um controle mais direto sobre as intensidades resultantes, por exemplo, quando se deseja atingir um efeito visual específico, realçar características específicas da imagem, ou até mesmo ajustar a iluminação da imagem.