



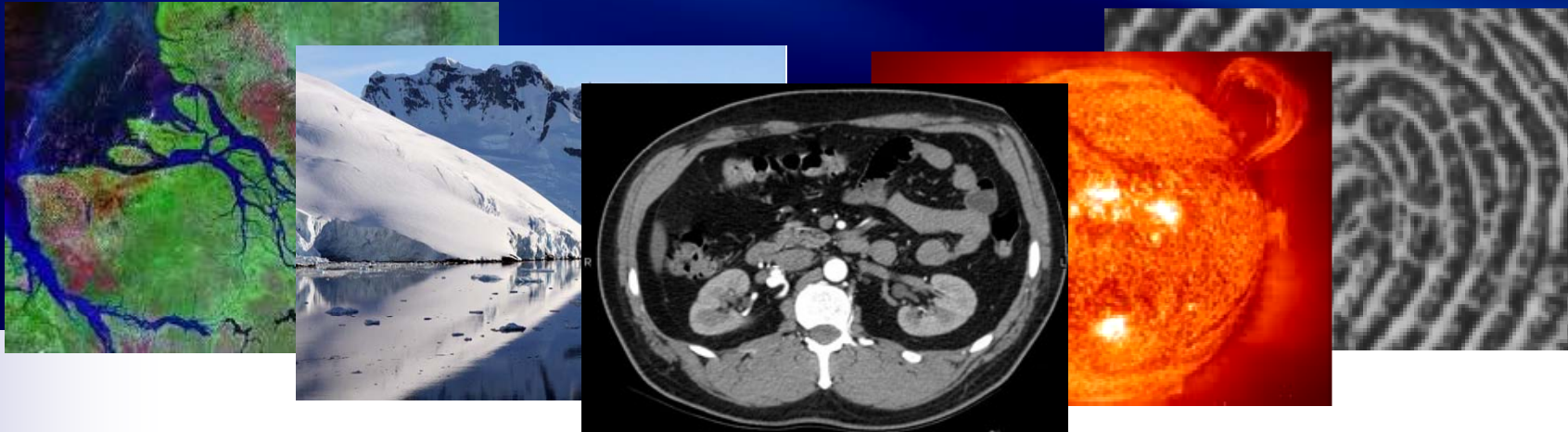
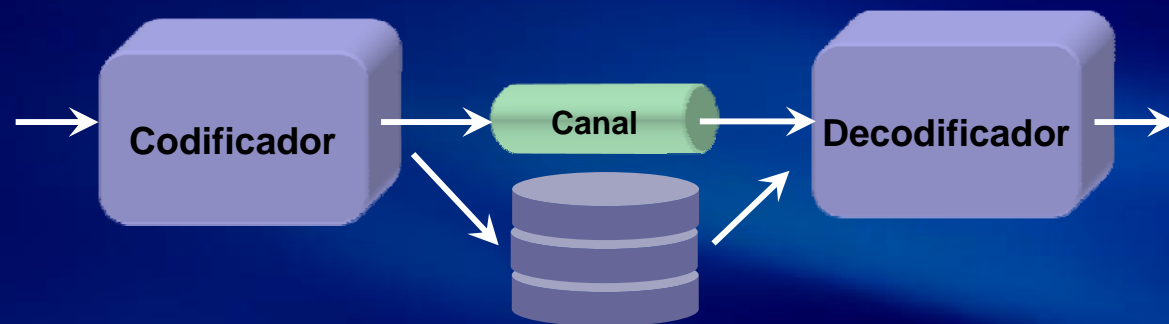
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

# ***Compressão de Imagens***

***Lilian Nogueira de Faria (Bolsista).....DPI/INPE***

***Leila Maria Garcia Fonseca (Coordenadora).....DPI/INPE***

Imagens digitais necessitam de grande quantidade de espaço para **armazenamento** e largura de banda para **transmissão** de dados.



**Compressão de imagens** reduz a quantidade de **dados** necessária para representar uma imagem digital, preservando a **informação**.

# Dados ≠ Informação

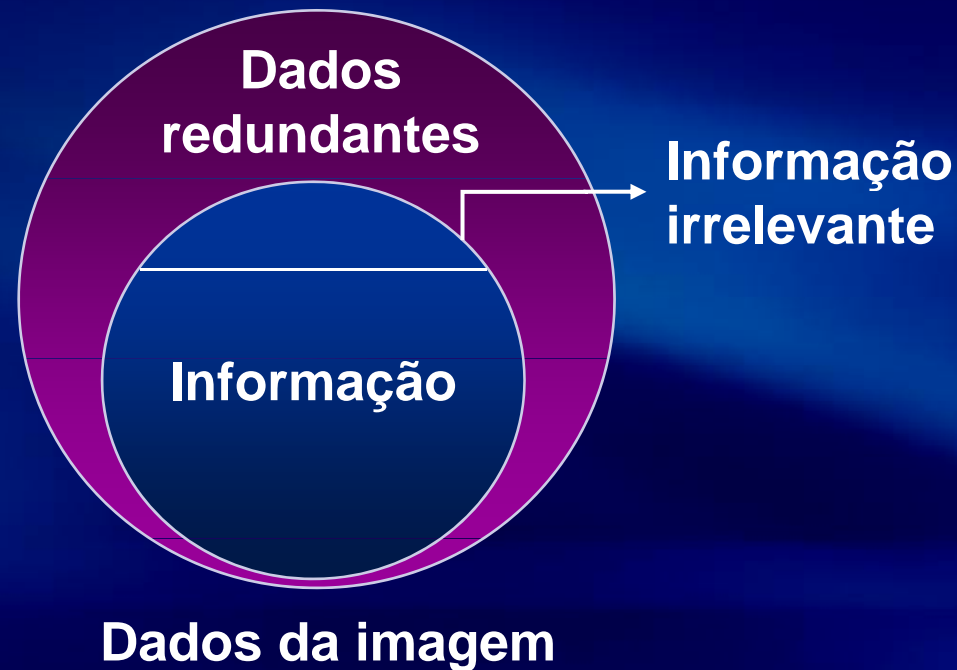
**Dados:** meio de representação da **informação**.



A mesma **informação** pode ser representada por diferentes quantidades de **dados**.

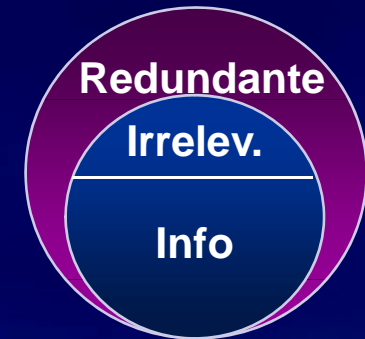


Métodos de compressão de imagens exploram a **redundância de dados** na imagem.



$DADOS = INFORMAÇÃO + DADOS REDUNDANTES$

# Métodos de Compressão



## sem perda

- Reduz apenas dados redundantes.
- Recupera imagem original.
- Apresenta baixa compressão.

## com perda

- Reduz dados redundantes e descarta informação irrelevante.
- Não recupera imagem original.
- Permite maior compressão.

## Redundância

**Espacial** (inter-pixel)

**Temporal** (inter-quadros)

**Espectral** (inter-bandas)

**Psicovisual**

Informação irrelevante

**de Codificação**

(Redundância de Entropia)

Métodos de compressão reduzem um ou mais tipos de redundância.

# Redundância Espacial

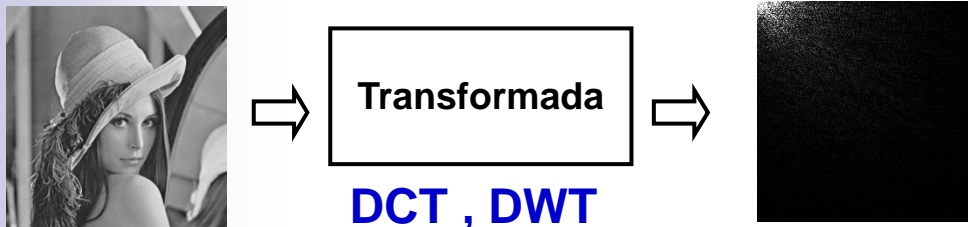
## Redundância Interpixel

Alta correlação espacial

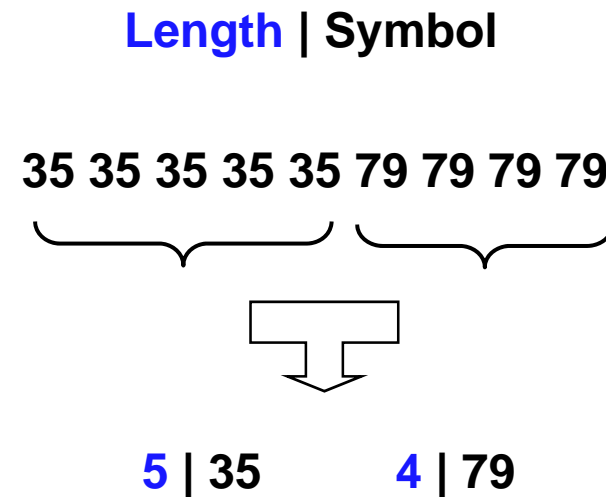


Valores dos pixels podem ser previstos pelos pixels vizinhos.

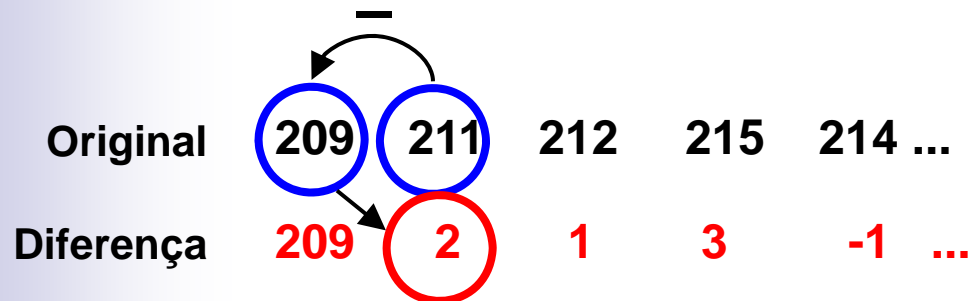
## Transformada de Imagens



## Run-Length Encoding (RLE)

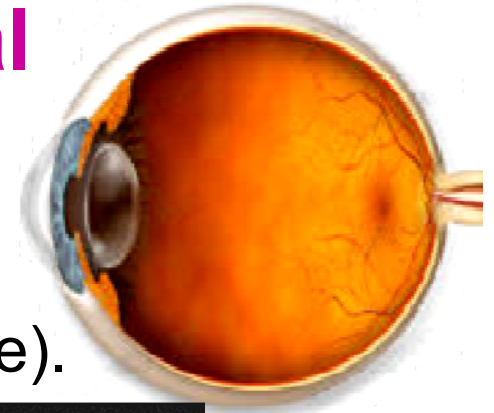


## Codificação Preditiva Diferencial



# Redundância Psicovisual

Sistema Visual Humano



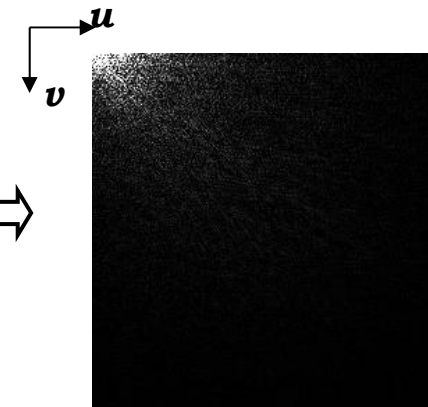
O sistema visual humano tem menor sensibilidade para **altas frequências** (irrelevante).



**Domínio espacial**  
Pixels da imagem  
 $f(x, y)$



Transformada



**Domínio da frequência**  
Coeficientes da Transformada  
 $T(u, v)$

~~EFT~~

DCT

Haar

Hadamard

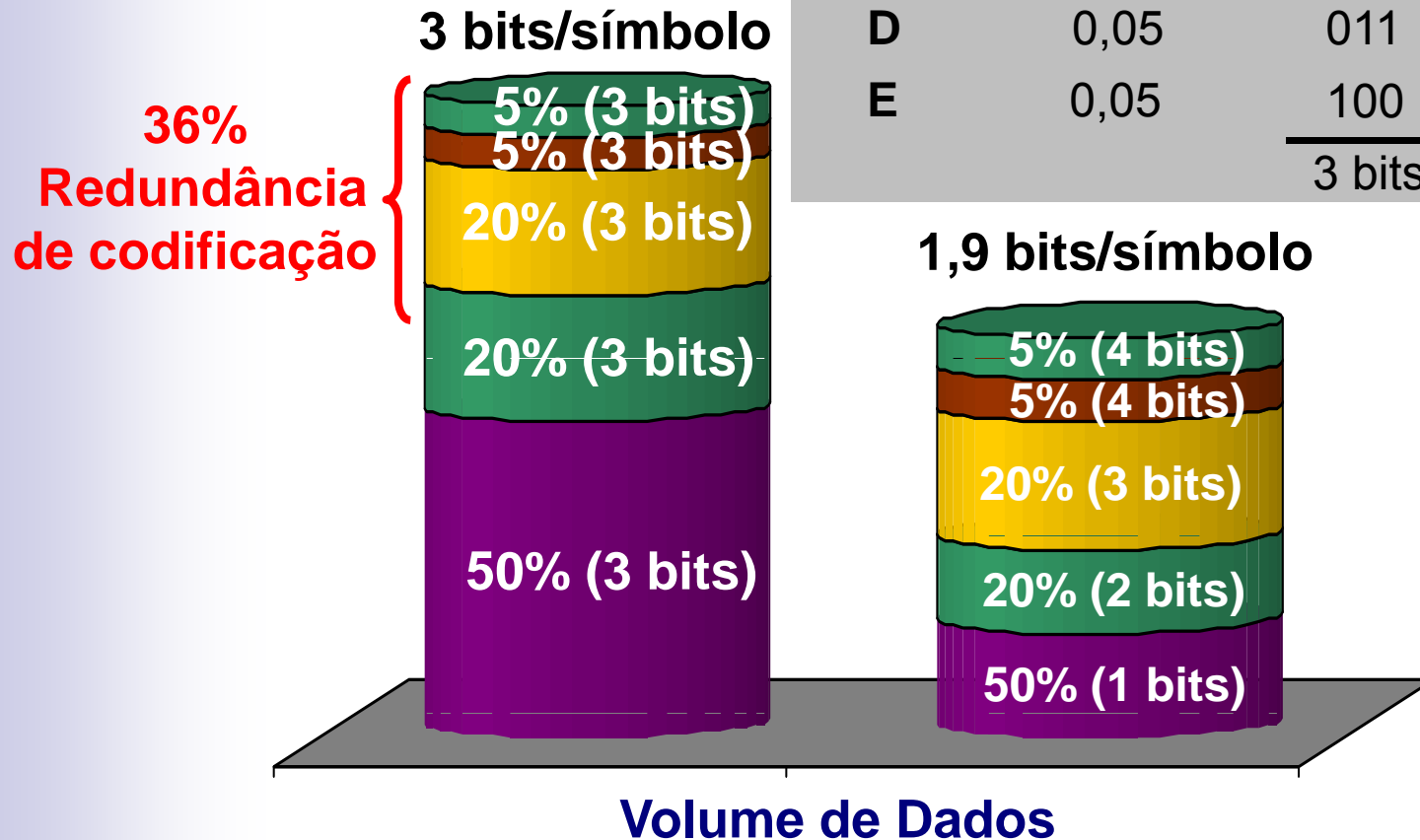
DWT

# Redundância de Codificação

## Códigos de Comprimento Variável

Código Aritmético  
Código de Huffman  
Código de Golomb

Símbolo	Frequência	Binário	Huffman
A	0,5	000	0
B	0,2	001	10
C	0,2	010	111
D	0,05	011	1100
E	0,05	100	1101
		<hr/>	<hr/>
		3 bits/sb	1,9 bits/sb





***Modelo Geral de Sistemas  
de Compressão de Imagem***



# Métodos de Compressão



## Domínio espacial

Métodos Preditivos

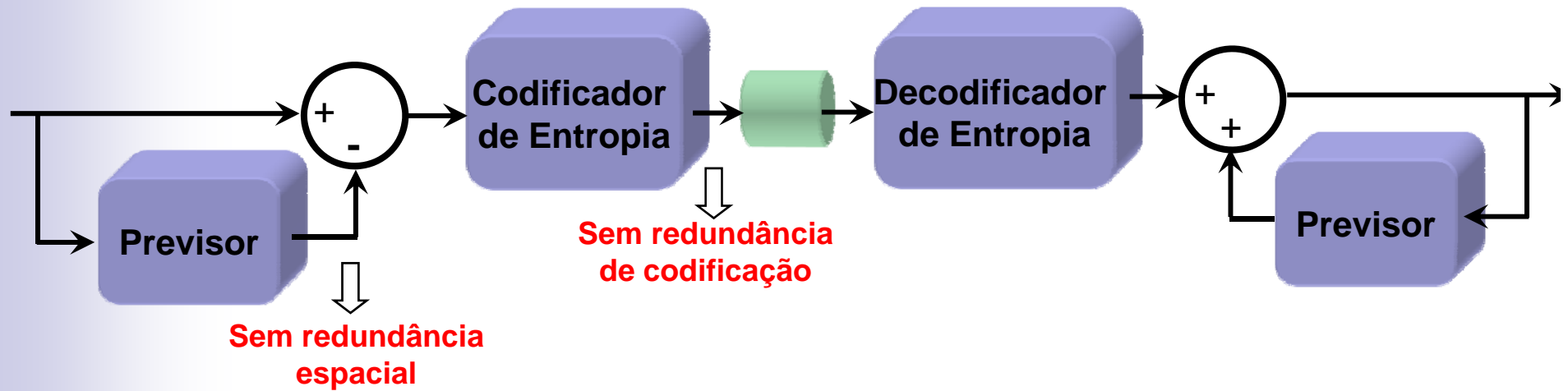
DPCM, Lossless JPEG,  
JPEG-LS, ...

## Domínio da frequência

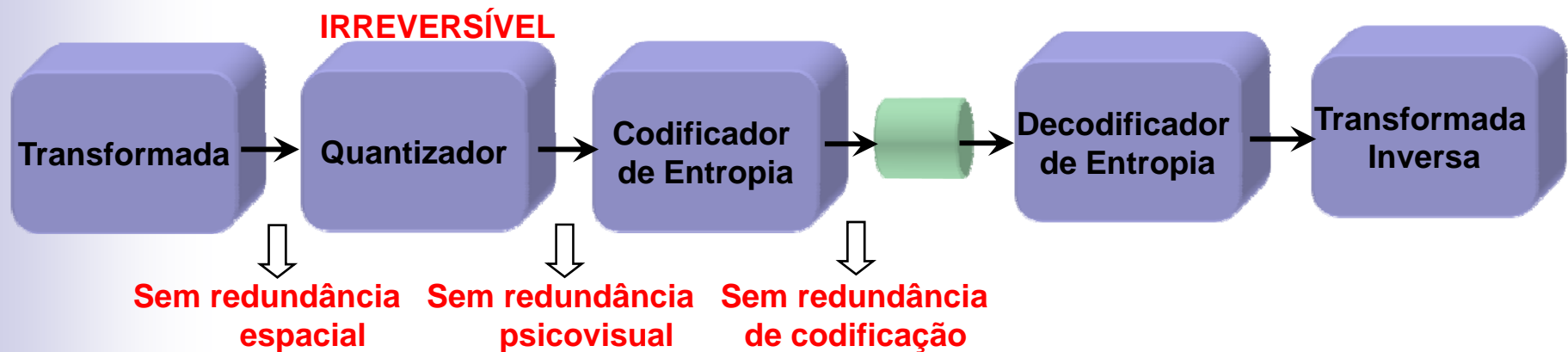
Métodos baseados em Transformadas

JPEG, JPEG2000, ICER,  
JPEG-XR ...

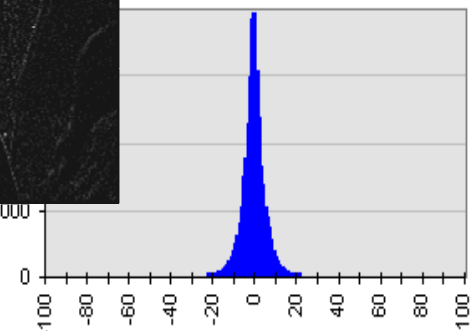
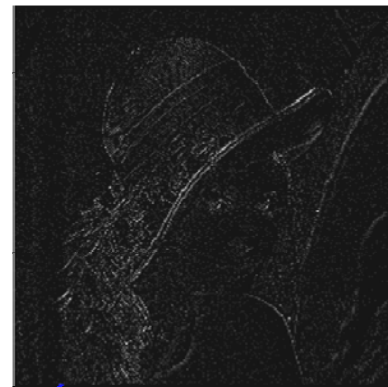
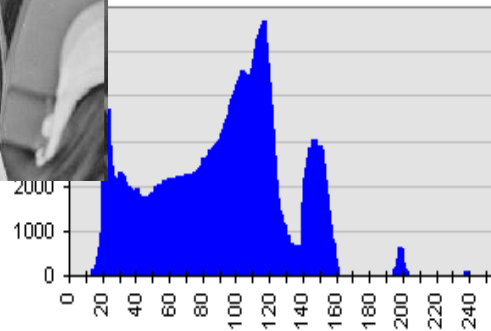
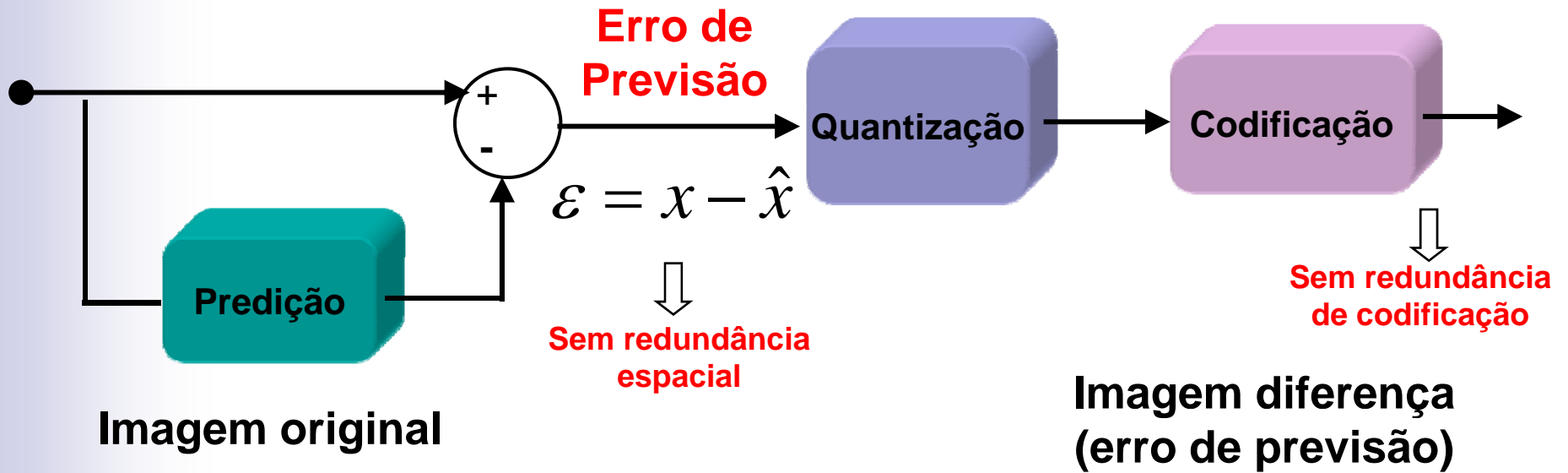
## Modelo de Compressão Preditiva Diferencial



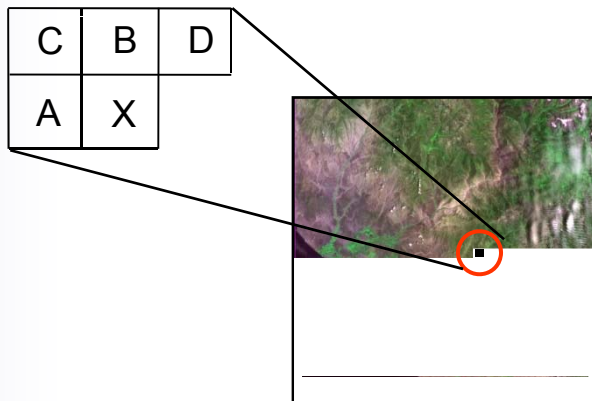
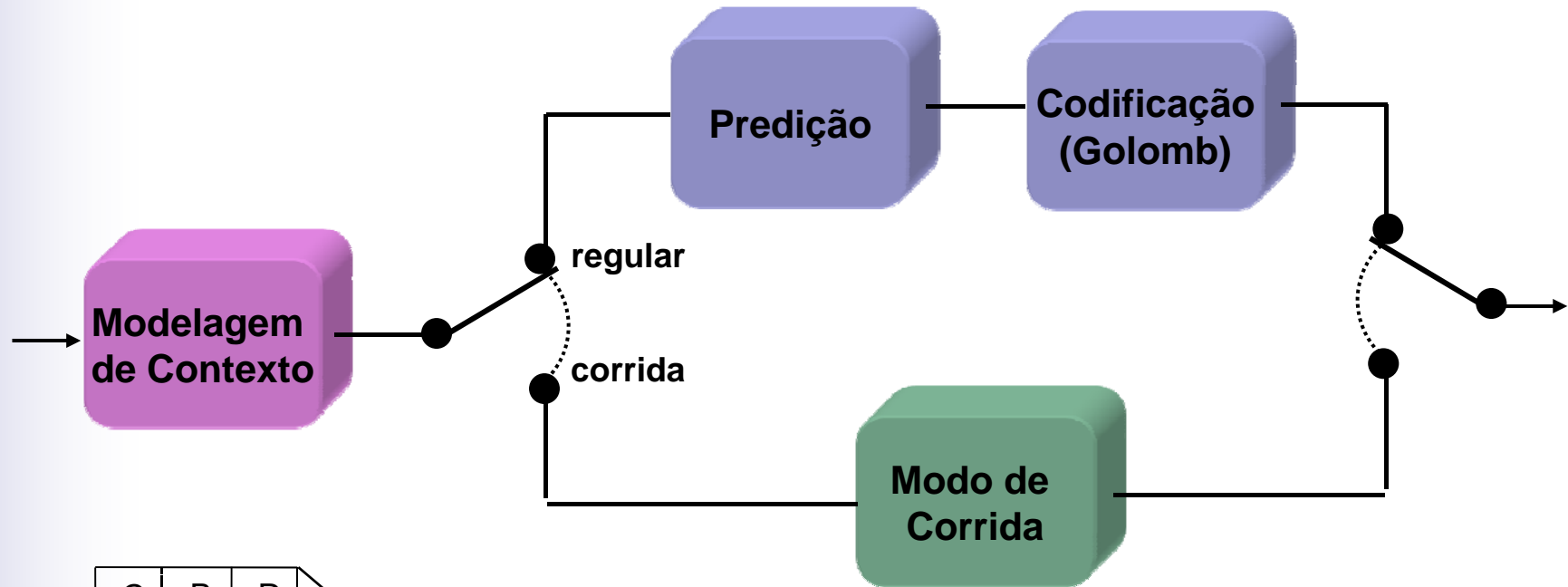
## Modelo de Compressão baseada em Transformada



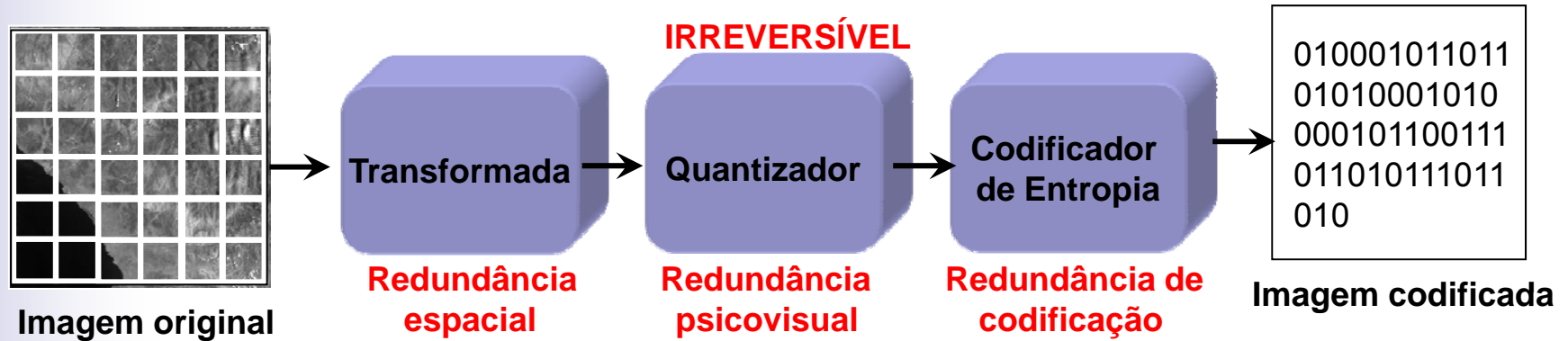
# Modelo de Compressão Preditiva Diferencial



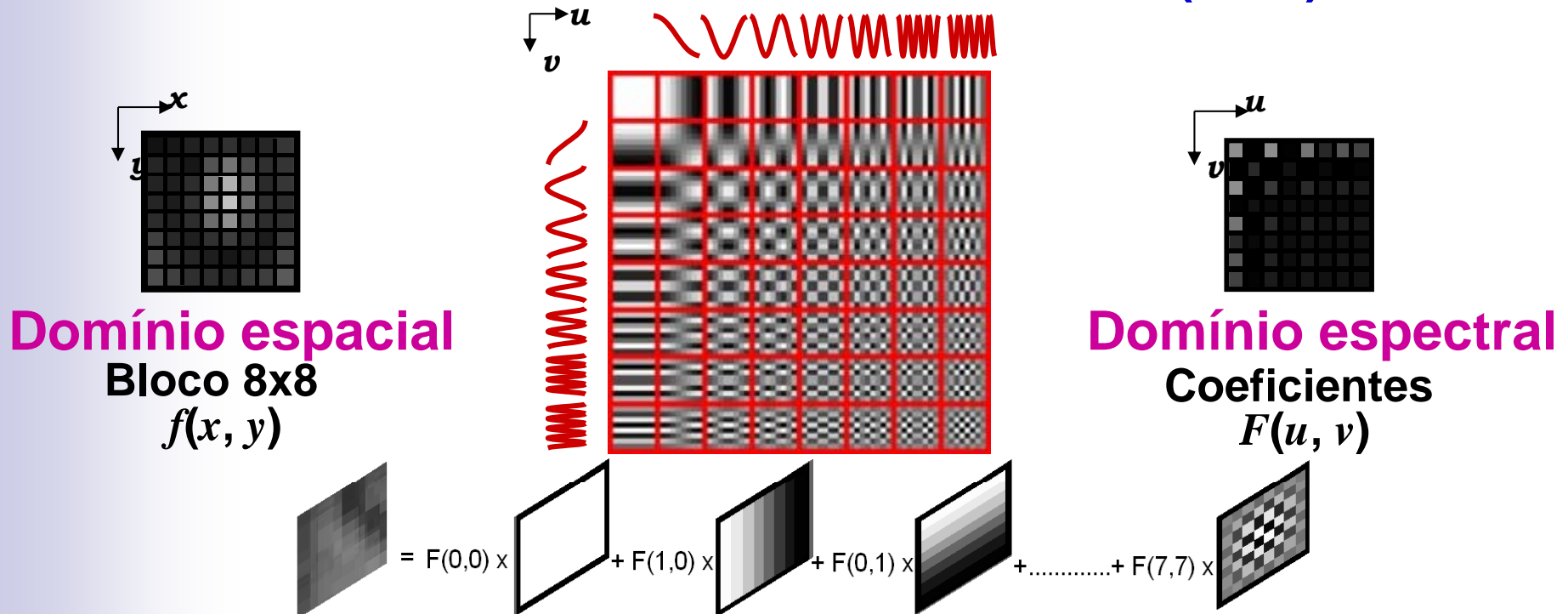
# JPEG-LS



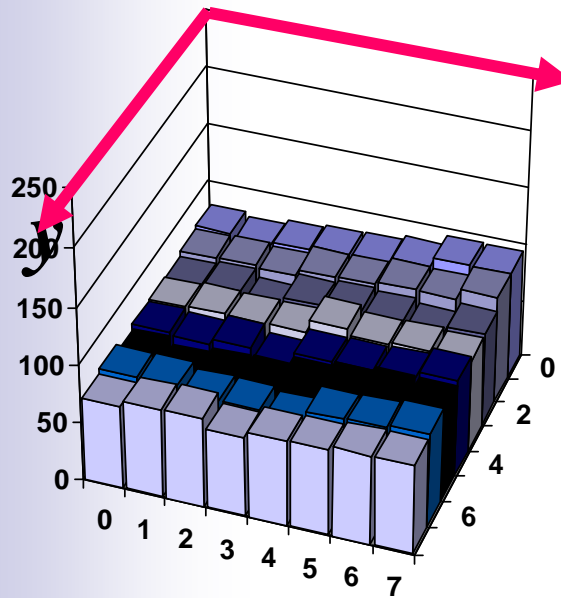
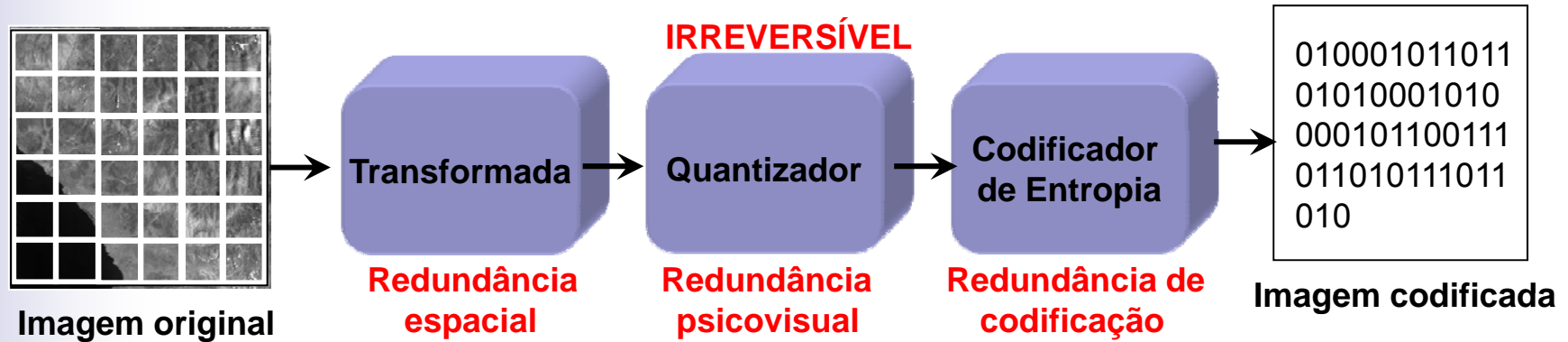
# Modelo de Compressão baseada em Transformada



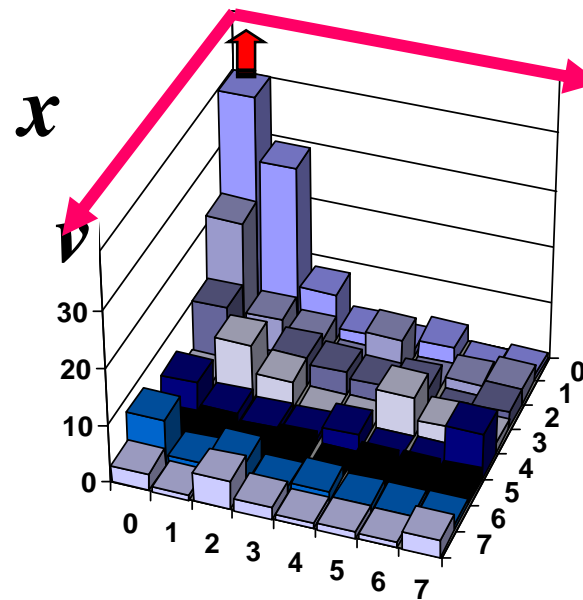
## Transformada Discreta de Cosseno (DCT)



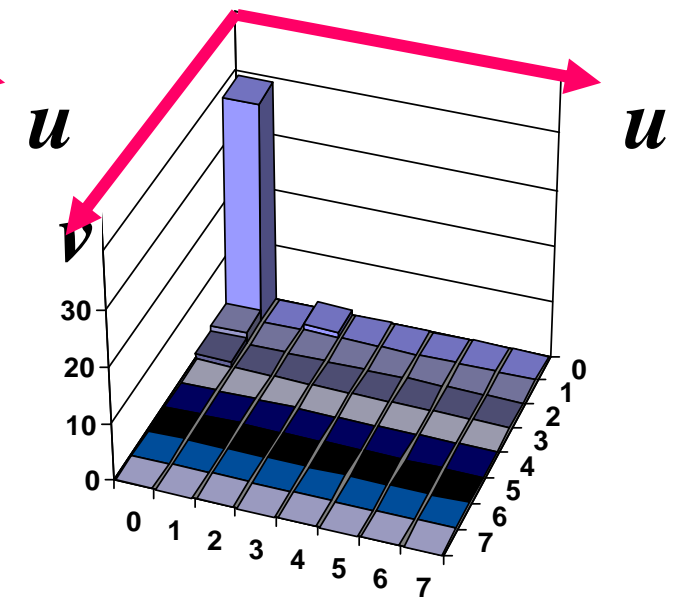
# Modelo de Compressão baseada em Transformada



**Bloco de Pixels**



**Coeficientes DCT**



**Coeficientes quantizados**

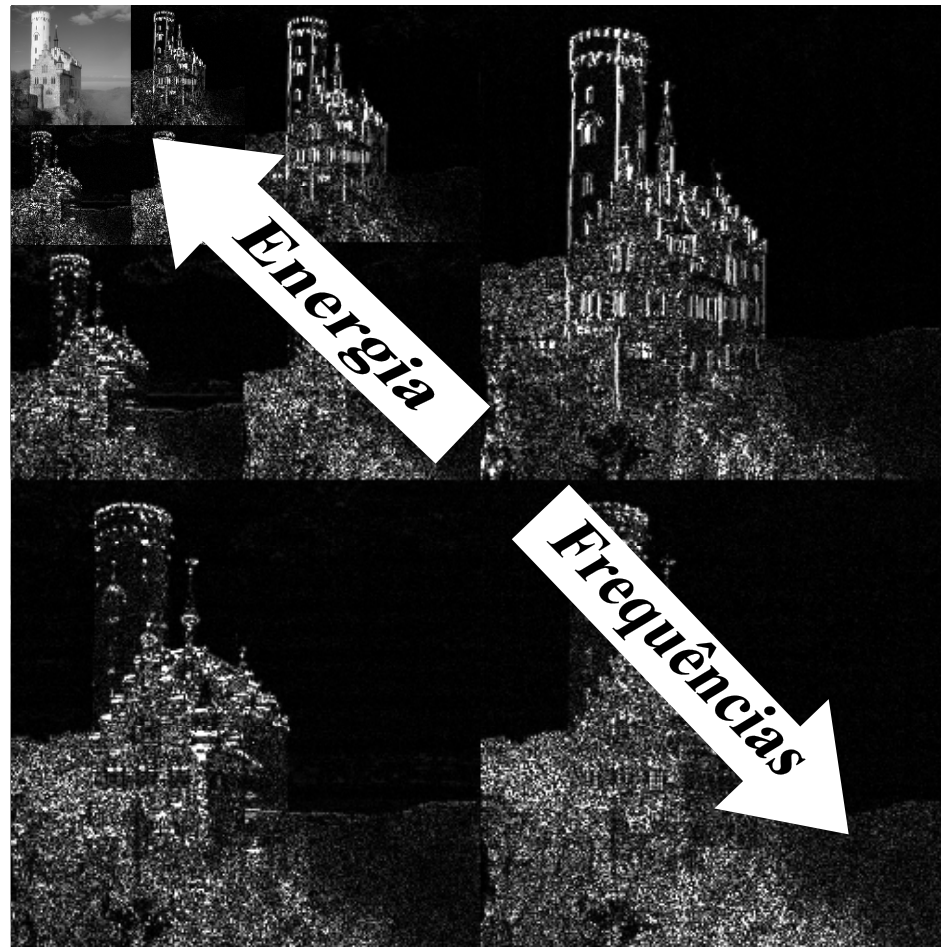


***Modelo de Compressão usando  
Transformada Wavelet***

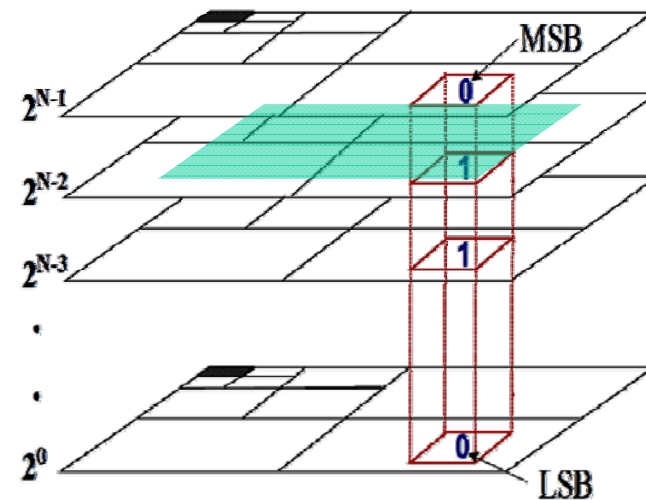
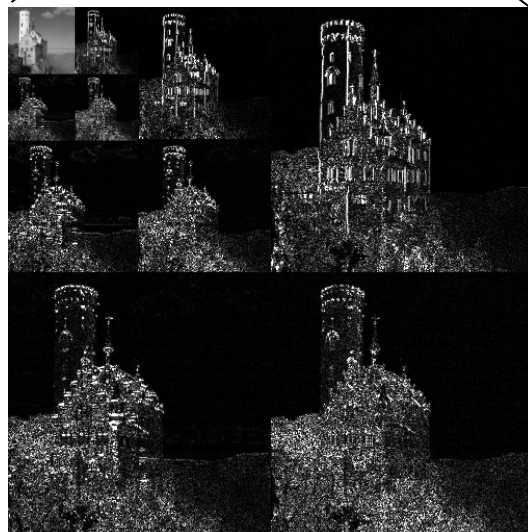
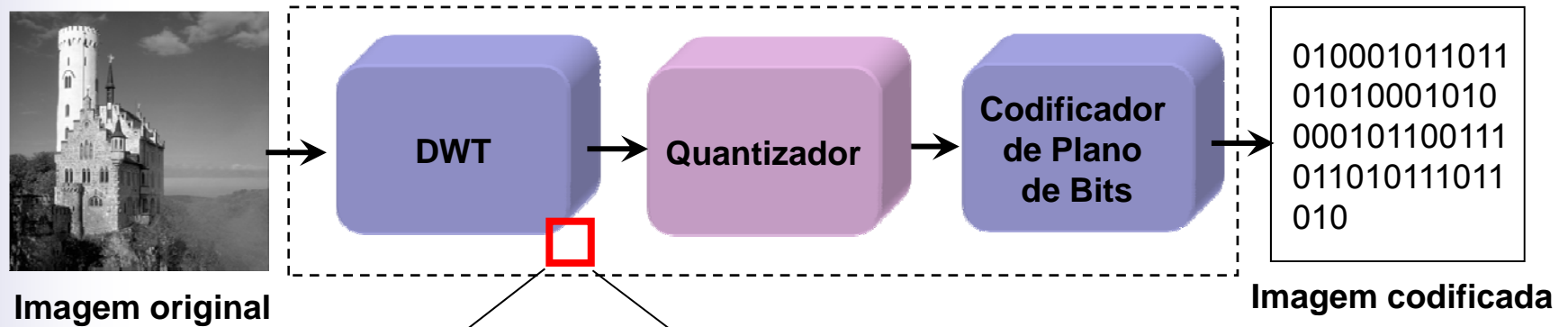


# Transformada Wavelet 2D

## Subbandas de Coeficientes



# Modelo de Compressão usando Transformada Wavelet



Plano de Bits dos Coeficientes

# Compressão Progressiva usando Transformada Wavelet

Plano de Bit 10

3:1



Qualidade da imagem (PSNR)



DPCM  
JPEG

LABS<sup>hp</sup>

JPEG-LS

JPEG2000

ICER

CCSDS



Windows Vista

HD-Photo

JPEG-XR

1950

1992

1993

...

1999

2000

...

2005

2006

...

2009

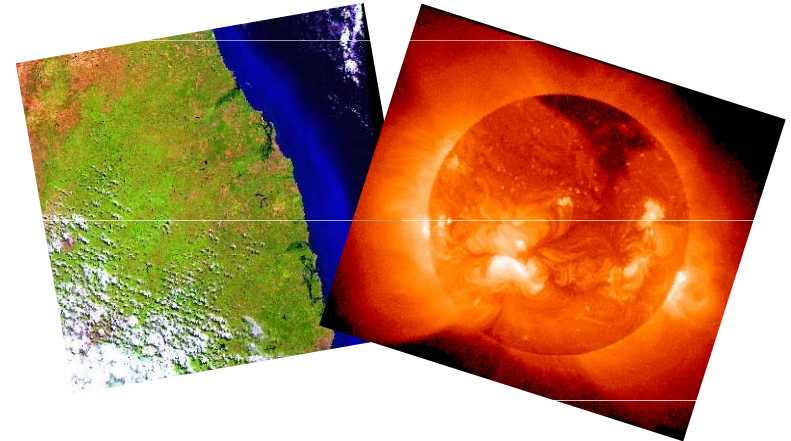
DCT

DWT

DWT

DWT

Transformada





***Qualidade da Imagem***  
**X**  
***Desempenho de Compressão***

# Medidas de Desempenho e Qualidade

## Razão de Compressão

$$CR = \frac{\text{tamanho original}}{\text{tamanho comprimido}}$$

## Erro médio quadrático (MSE)

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^M \sum_{y=0}^N (P_o[x, y] - P_r[x, y])^2$$

*original*      *recuperado*

## Peak-to-peak signal-to-noise ratio (PSNR)

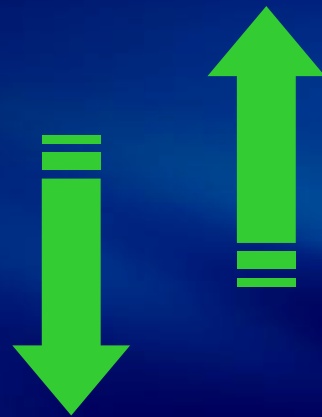
$$PSNR = \frac{10 \log_{10} (255^2 / (2^B - 1)^2)}{MSE} \quad (dB)$$

*B*: nº de bits

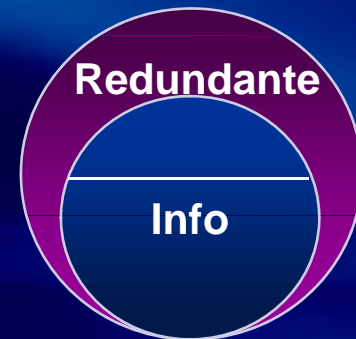
$2^B - 1$ : valor máximo do pixel

# Qualidade x Compressão

Qualidade da imagem

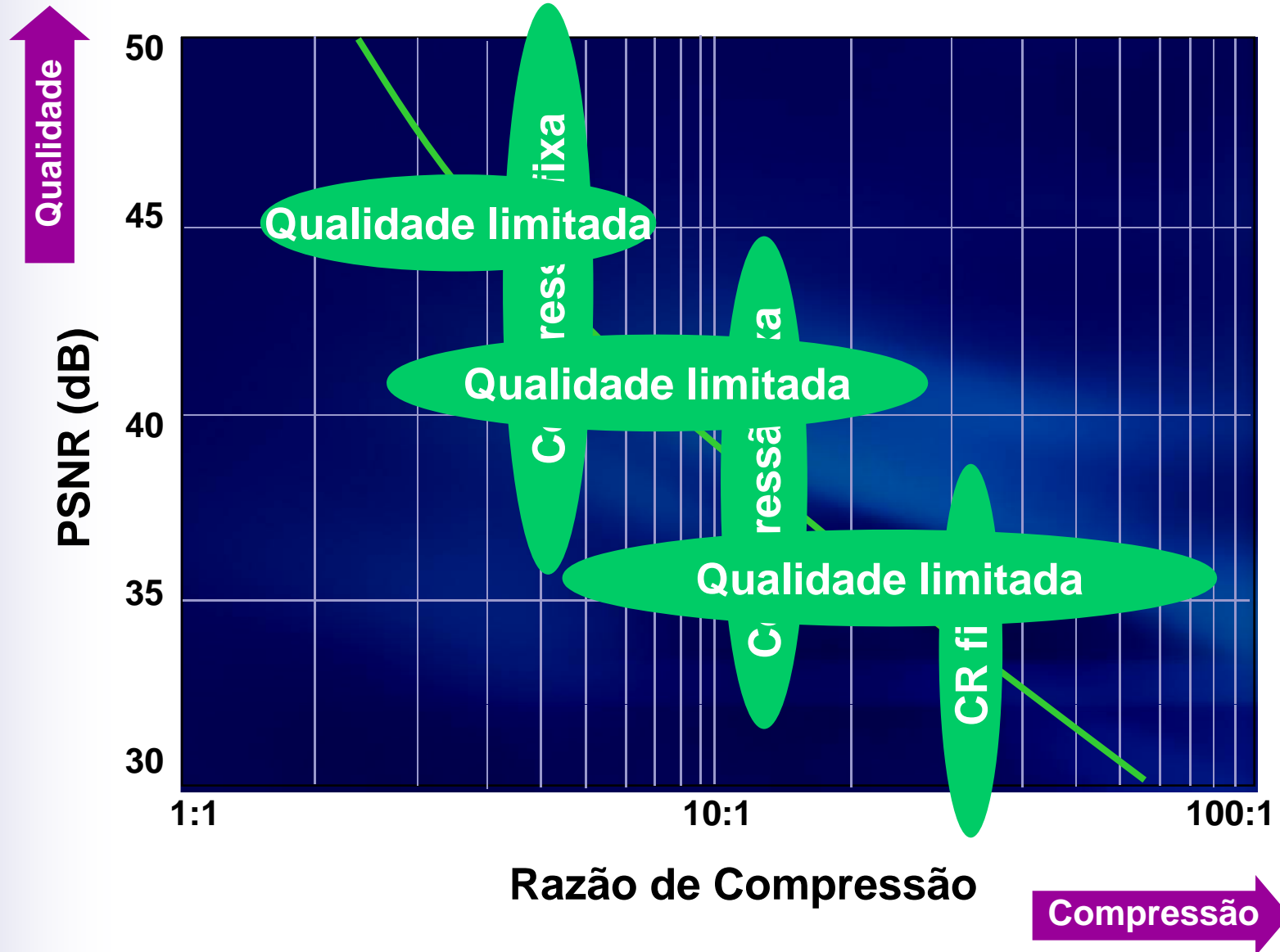


Quantidade de dados

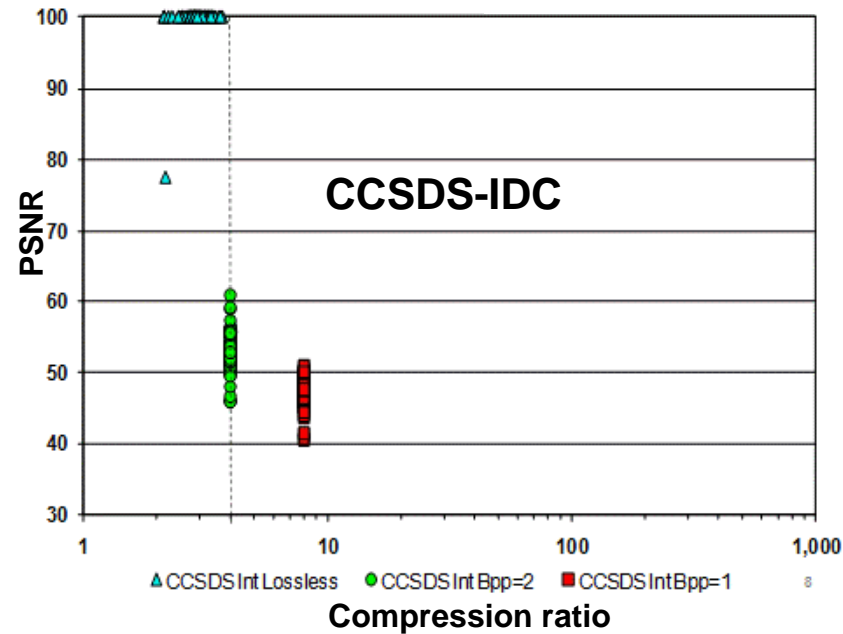
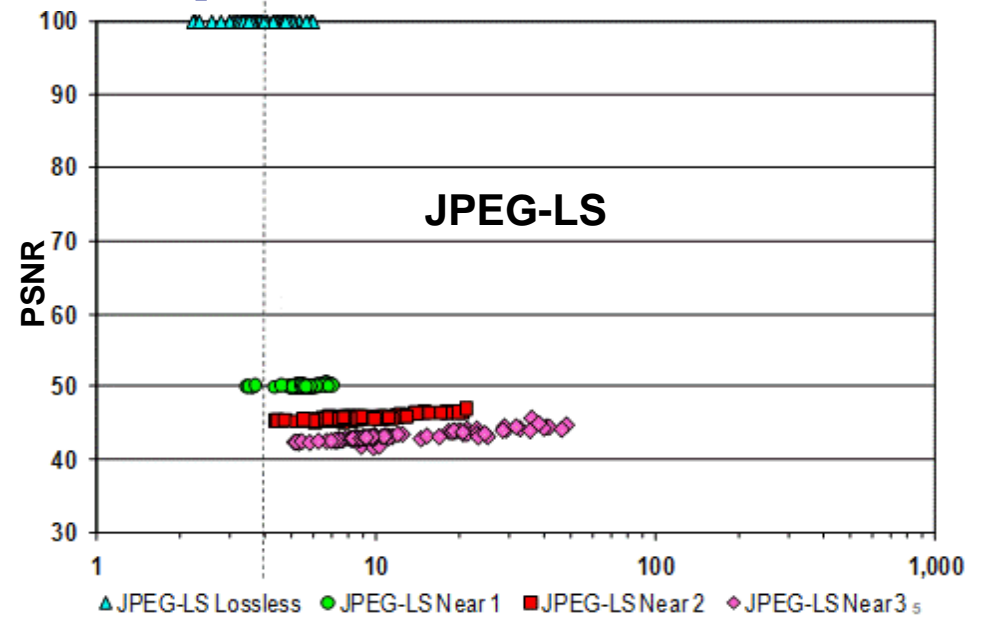
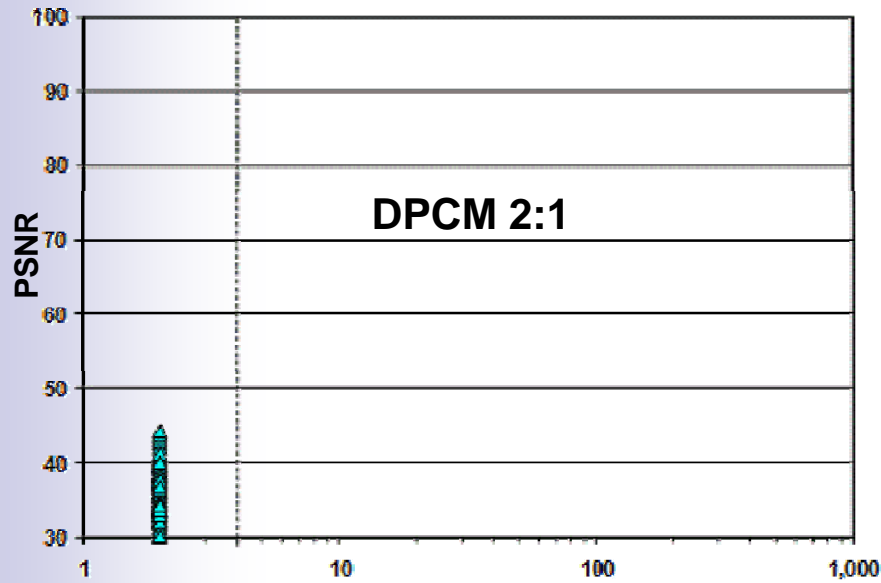




# Qualidade x Compressão



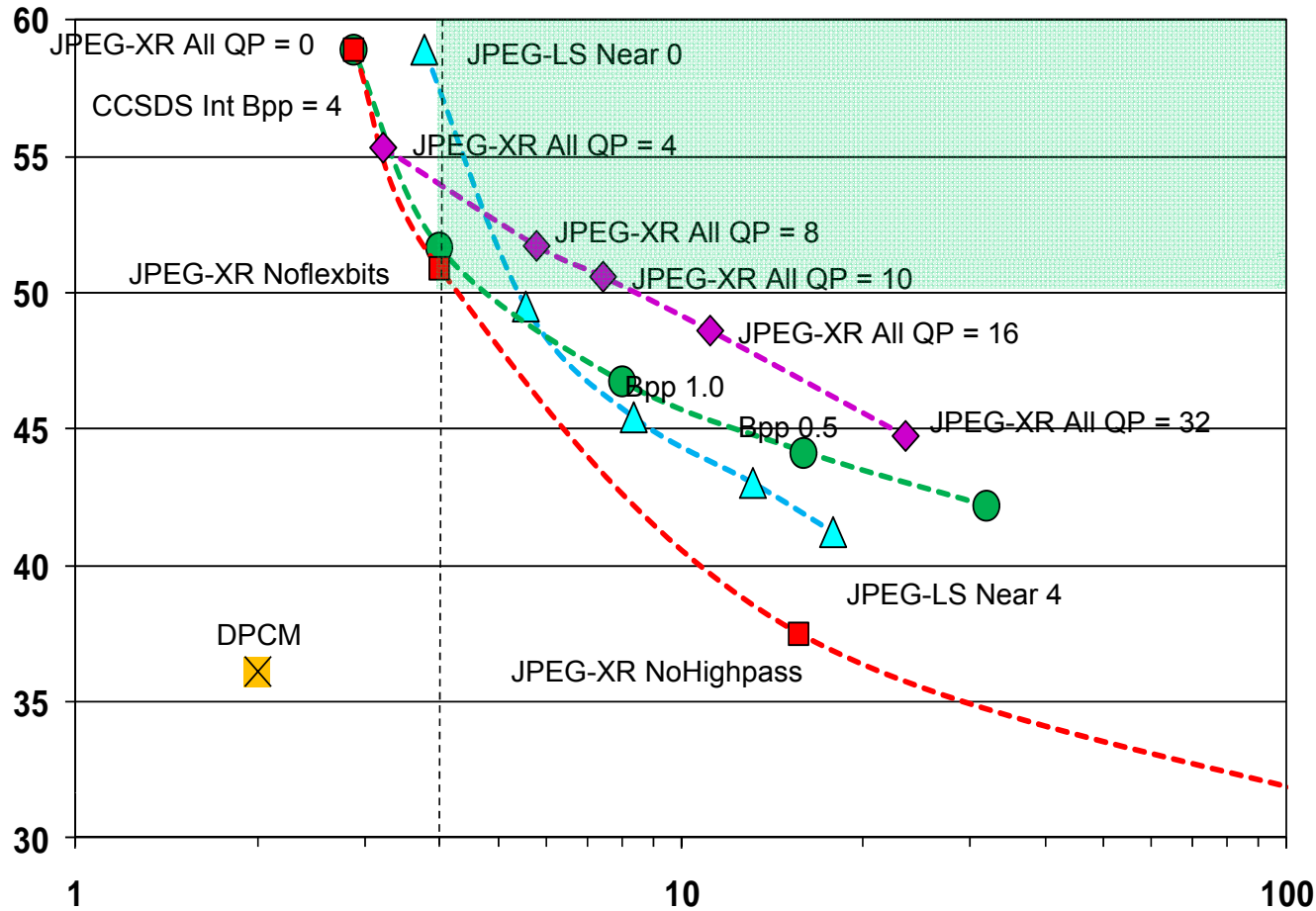
# Qualidade x Compressão



# Qualidade x Compressão

Qualidade ↑

PSNR (dB)



CCD/CBERS-2B  
Original

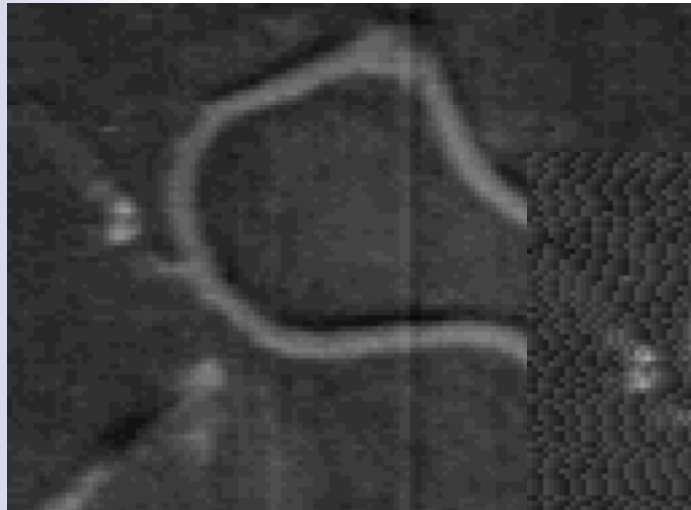
✕ DPCM  
 -▲- JPEG-LS  
 -●- CCSDS-IDC Int  
 -■- JPEG-XR  
 -◆- JPEG-XR All

Taxa de Compressão

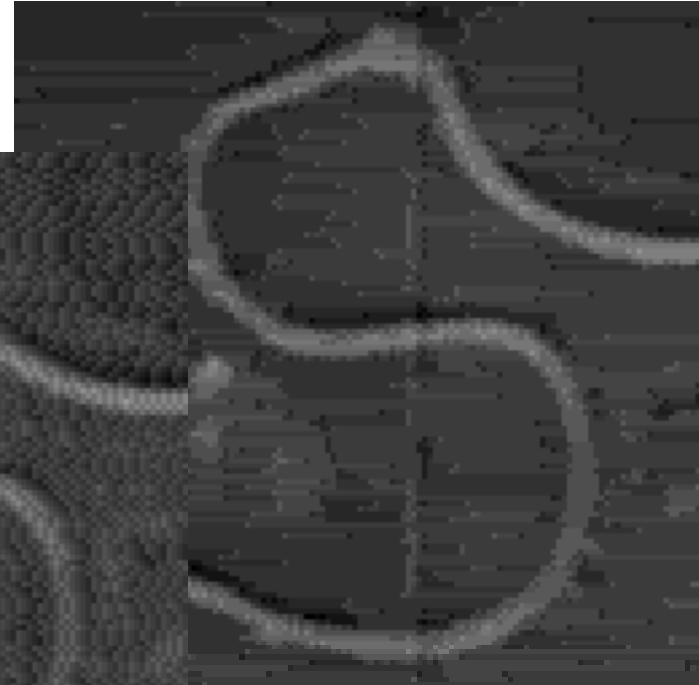
Compressão →

# Distorções na Imagem

Imagem Original



256 x 256 pixels



JPEG  
Efeito de bloco

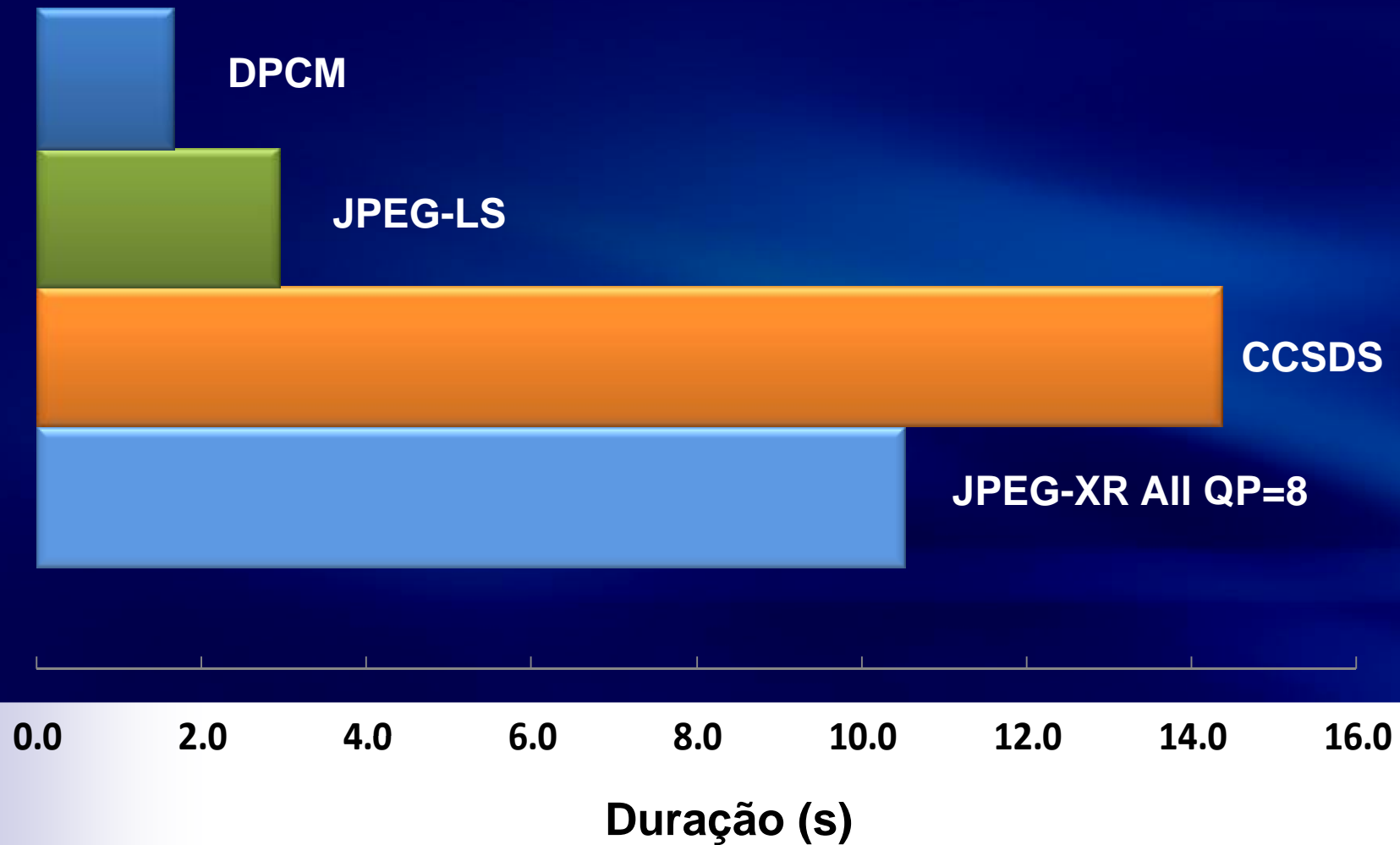


DPCM  
Ruído granular

JPEG-LS  
Efeito de corrida

# Velocidade de Compressão

Intel Core i3 350 2.93 GHz  
~ 6000 x 6000 pixels



## Requisitos do compressor de imagens de sensoramento remoto embarcado em satélite

**Processamento rápido.**

Bom **desempenho** de compressão.

Boa **qualidade** da imagem recuperada.

Baixa **complexidade** computacional.

Fácil **implementação** em FPGA.



**Obrigada!**

*Lilian Nogueira de Faria*

*[lilian@dpi.inpe.br](mailto:lilian@dpi.inpe.br)*