



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO
TEC2/TEC4: REDES MULTIMÍDIA (RMM)

Unidade 4

Codificação de Vídeo

Prof. Guilherme Corrêa
gcorrea@inf.ufpel.edu.br

Sumário

- ❖ Redundância em Vídeos Digitais
- ❖ Princípios de Codificação de Vídeo
- ❖ Modelo Genérico de Codificador
- ❖ Padrões de Codificação de Vídeo
- ❖ Transcodificação de Vídeo

Sumário

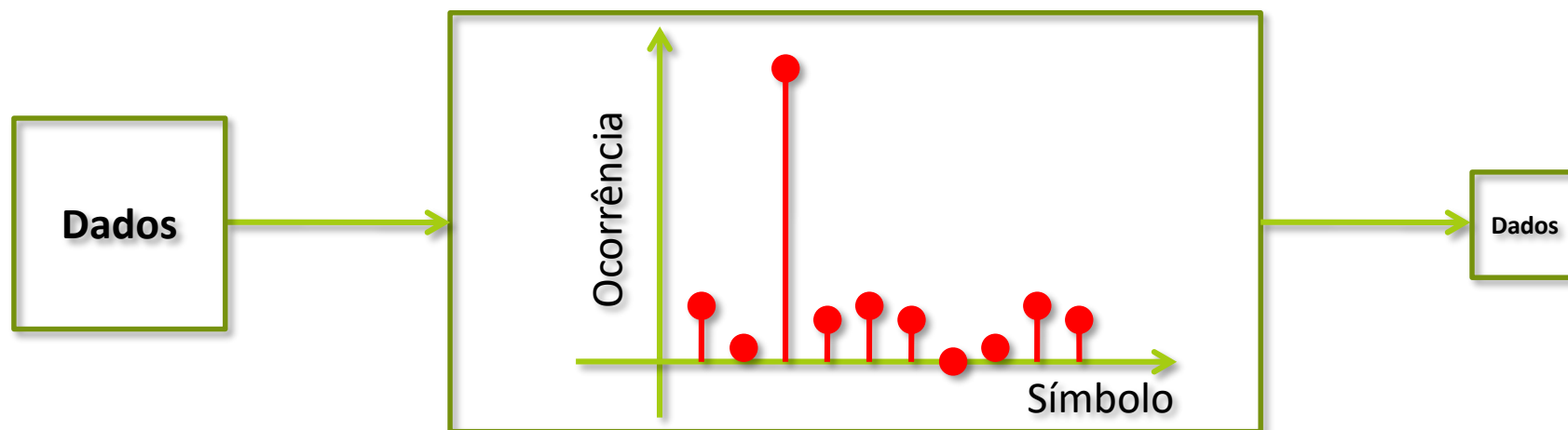
- ❖ **Redundância em Vídeos Digitais**
- ❖ Princípios de Codificação de Vídeo
- ❖ Modelo Genérico de Codificador
- ❖ Padrões de Codificação de Vídeo
- ❖ Transcodificação de Vídeo

Redundância em Vídeos Digitais

- ❖ Espacial
 - Predição Intra-quadro
- ❖ Temporal
 - Predição Inter-quadros
 - Estimação de Movimento (*Motion Estimation*)
 - Compensação de Movimento
- ❖ Entrópica
 - Codificação de Entropia
 - Huffman, CAVLC, CABAC, etc.
- ❖ **Psicovisual**

Redundância em Vídeos Digitais

- ❖ Redução da redundância de dados: entropia
 - Associa códigos menores a símbolos mais frequentes
 - Ex.: Huffman



- ❖ Após a análise estatística, e atribuição dos códigos, um conjunto menor de dados pode ser usado para representar o mesmo arquivo de entrada
 - Não há perda de informação

Redundância em Vídeos Digitais

Quadro Atual (original)



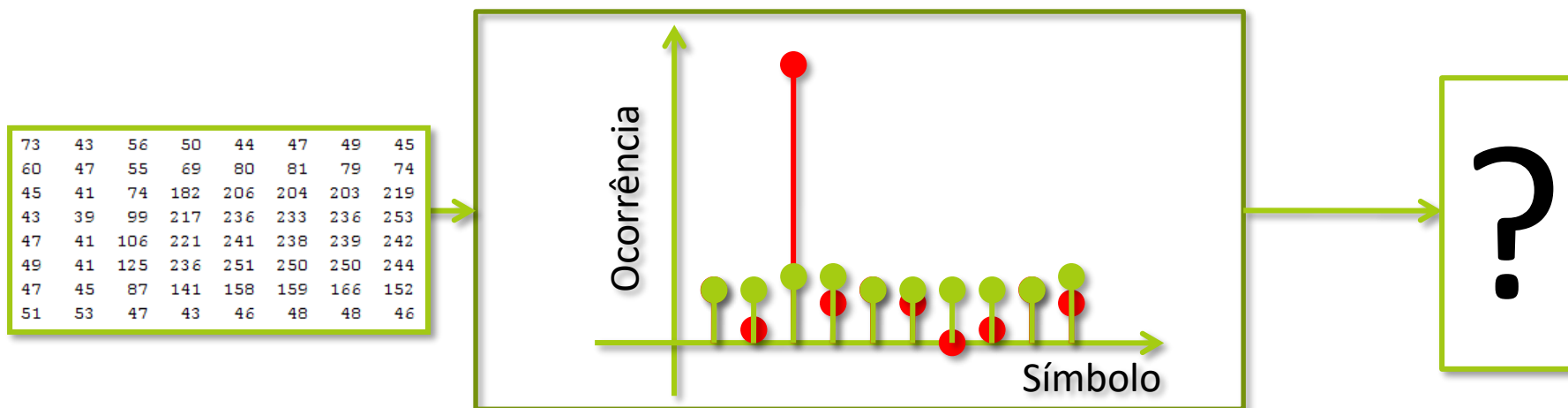
Codificação
de Entropia

**Extremamente ineficiente para a
codificação de vídeo!**

Por quê?

Redundância em Vídeos Digitais

- ❖ Redução da redundância de dados: entropia
 - Associa códigos menores a símbolos mais frequentes
 - Ex.: Huffman



- ❖ Em vídeo, um símbolo poderia ser o valor de um pixel
 - **Problema:** Probabilidade semelhante para todos os símbolos em **cenários naturais**
 - **Solução:** Reorganizar e transformar os valores das amostras de forma a evidenciar a redundância dos dados

Redundância em Vídeos Digitais

❖ Problema:

- Como tornar mais heterogênea a probabilidade de ocorrência dos valores das amostras em um vídeo?

❖ Resposta:

- Não codificar as amostras originais, e sim resíduos!
- Os resíduos são as diferenças entre a informação original e a versão estimada (ou predita), que pode ser obtida de diferentes formas

Redundância em Vídeos Digitais

- ❖ Os codificadores são residuais!
 - Menor amplitude média de valores para as amostras
 - Maior concentração em valores baixos
 - Histograma mais irregular
- ❖ Todos os padrões de codificação de vídeo atuais são residuais

Redundância em Vídeos Digitais

- ❖ Intervalo de representação para resíduos
 - Tamanho das amostras
 - 8 bits: -255 a 255
 - 12 bits: -4096 a 4096
- ❖ Ficou ainda maior!!! Isso é melhor?
- ❖ Menor amplitude
 - Quando a predição é eficiente, os resíduos tendem a apresentar valores próximos a zero
 - Amostras com amplitudes altas (positivas ou negativas) tendem a ter baixo percentual de ocorrência

Sumário

- ❖ Redundância em Vídeos Digitais
- ❖ **Princípios de Codificação de Vídeo**
- ❖ Modelo Genérico de Codificador
- ❖ Padrões de Codificação de Vídeo
- ❖ Transcodificação de Vídeo

Princípios de Codif. de Vídeo

- ❖ Como gerar os resíduos para a codificação de um vídeo:
 - Codificação residual simples (inter-quadros)
 - Subtrair os valores das amostras de quadros temporalmente vizinhos
 - Predição Intra-quadro
 - Estima os valores das amostras a partir das informações das amostras vizinhas no quadro
 - Usa heurísticas para reduzir a amplitude dos resíduos
 - Predição Inter-quadros
 - Estima os valores das amostras a partir de amostras espacialmente correlacionadas em quadros temporalmente vizinhos
 - Usa heurísticas para reduzir a amplitude dos resíduos

Princípios de Codif. de Vídeo

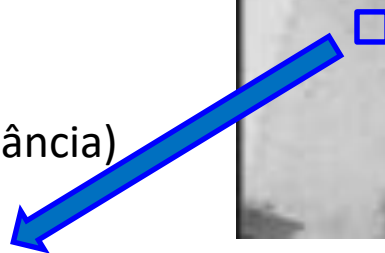
- ❖ Redução da redundância temporal
 - Codificação diferencial

Valores das amostras de Y (Luminância)

124	122	120	118
126	110	101	117
122	102	120	118
126	111	110	118



Imagem original



Princípios de Codif. de Vídeo

- ❖ Redução da redundância temporal
 - Codificação diferencial

Subtrai $\left(\begin{array}{c} \text{Imagem } T_n \\ \text{Imagem } T_{n-1} \end{array} \right) =$

Valores das amostras

10	8	15	30
11	15	10	4
4	2	1	15
10	-5	8	10



*Imagem residual

*Resíduos somados ao valor 128 para possibilitar a visualização

Princípios de Codif. de Vídeo

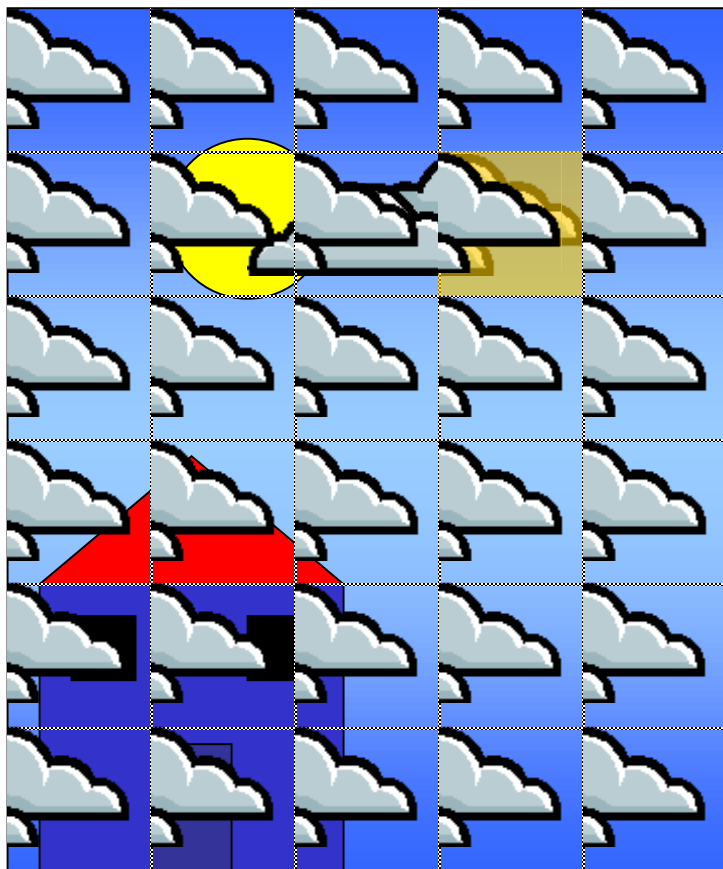
- ❖ A simples codificação diferencial já contribui para o processo de codificação
- ❖ A predição eficiente pode reduzir significativamente a amplitude dos resíduos
- ❖ Preditores
 - Predição Intra-quadro
 - Predição Inter-quadros

Princípios de Codif. de Vídeo

- ❖ Redução da redundância temporal
 - Predição Inter-quadros
- ❖ Estimação de Movimento (ME – *Motion Estimation*)
 - Visa encontrar a similaridade entre quadros temporalmente vizinhos
 - Utiliza um quadro (ou quadros) de referência previamente processados
 - Para cada bloco do quadro, um vetor de movimento é gerado, indicando a região do quadro de referência onde a melhor similaridade foi encontrada
 - Melhor similaridade = menor resíduo

Princípios de Codif. de Vídeo

❖ Estimação de movimento (ME – Motion Estimation)



Quadro de Referência

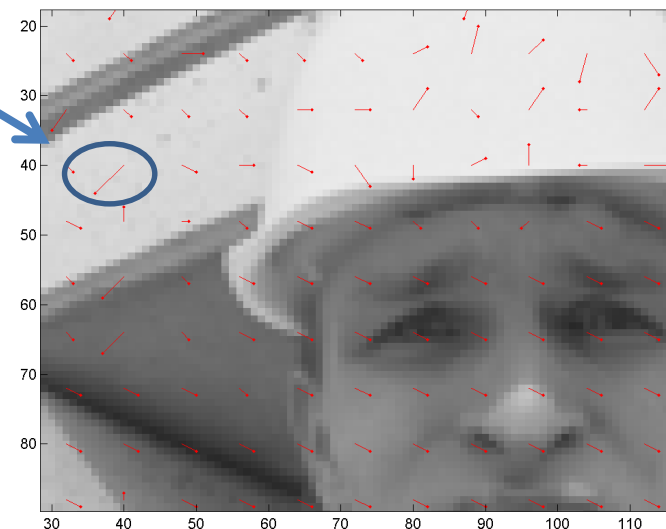


Quadro Atual

Princípios de Codif. de Vídeo

- ❖ Redução da redundância temporal
 - Predição Inter-quadros
 - Estimação de movimento

Vetor de movimento para um bloco de 8 x 8 amostras



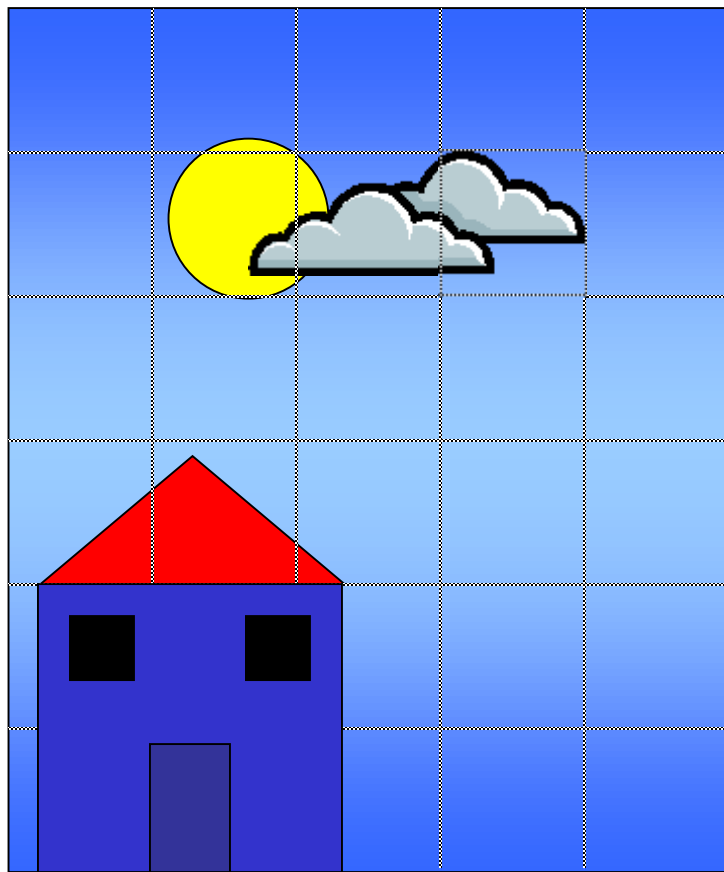
Princípios de Codif. de Vídeo

- ❖ Redução da redundância temporal
 - Compensação de movimento (MC – *Motion Compensation*)
- ❖ A compensação de movimento faz o trabalho inverso ao realizado pela estimação
 - Usa o vetor de movimento para “buscar” a região do quadro de referência melhor representa o bloco

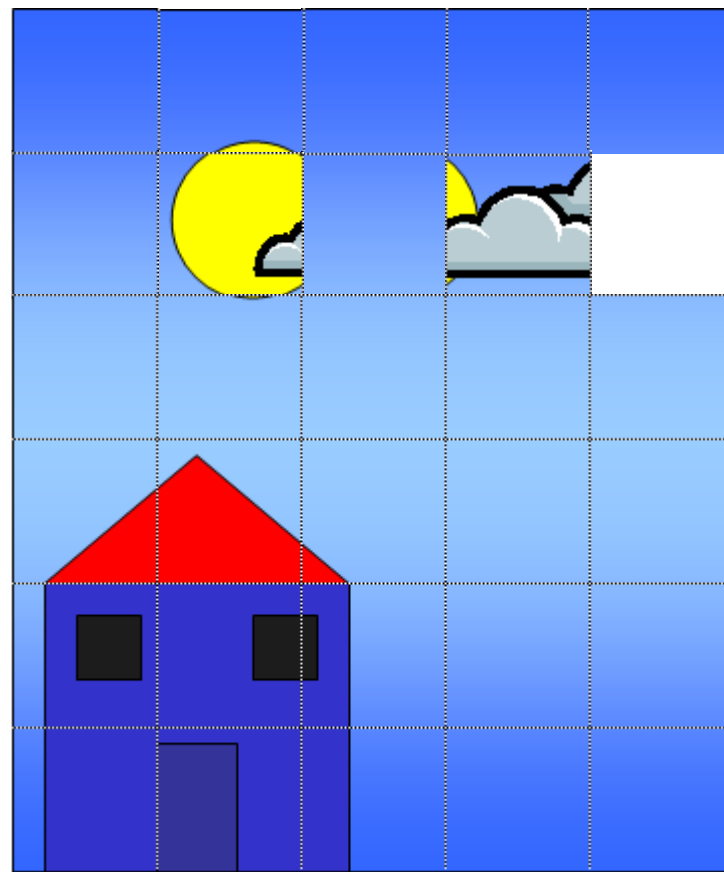
Princípios de Codif. de Vídeo

❖ Compensação de movimento (MC – Motion Compensation)

Quadro de Referência



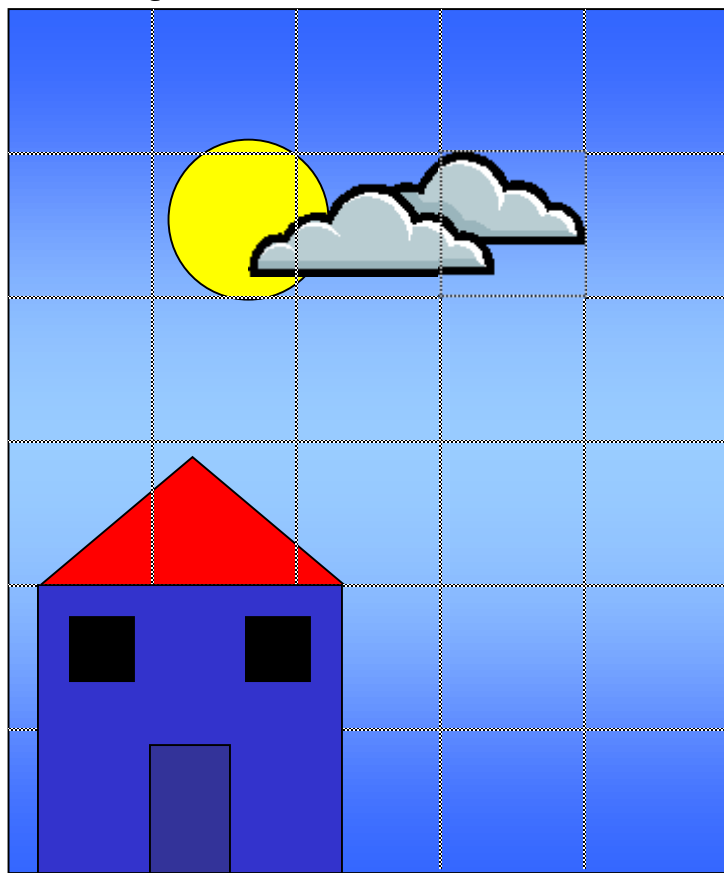
Quadro de Atual
Reconstruído



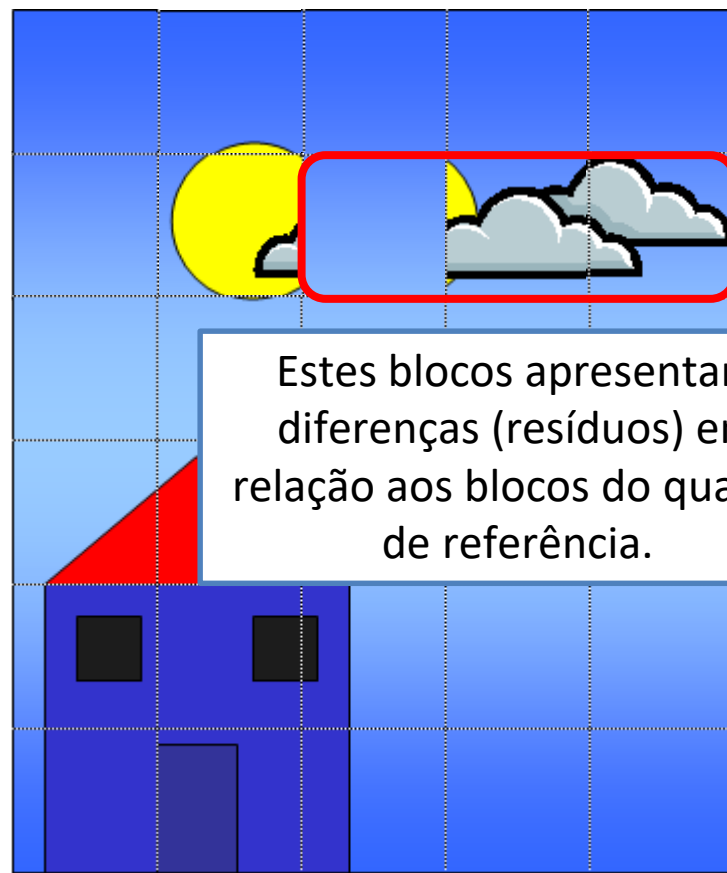
Princípios de Codif. de Vídeo

❖ Compensação de movimento (MC – Motion Compensation)

Quadro de Referência



Quadro de Atual
Reconstruído



Estes blocos apresentam diferenças (resíduos) em relação aos blocos do quadro de referência.

Princípios de Codif. de Vídeo

- ❖ Redução da redundância temporal
 - Predição Inter-quadros
 - Estimação / compensação de movimento

Subtrai e
Compensa
Movimento

$$\left(\begin{array}{c} \text{Quadro} \\ \text{original} \end{array}, \begin{array}{c} \text{Quadro} \\ \text{reconstruído} \end{array} \right) =$$

2	2	1	4
1	-2	-1	2
0	-1	1	4
-1	0	3	2

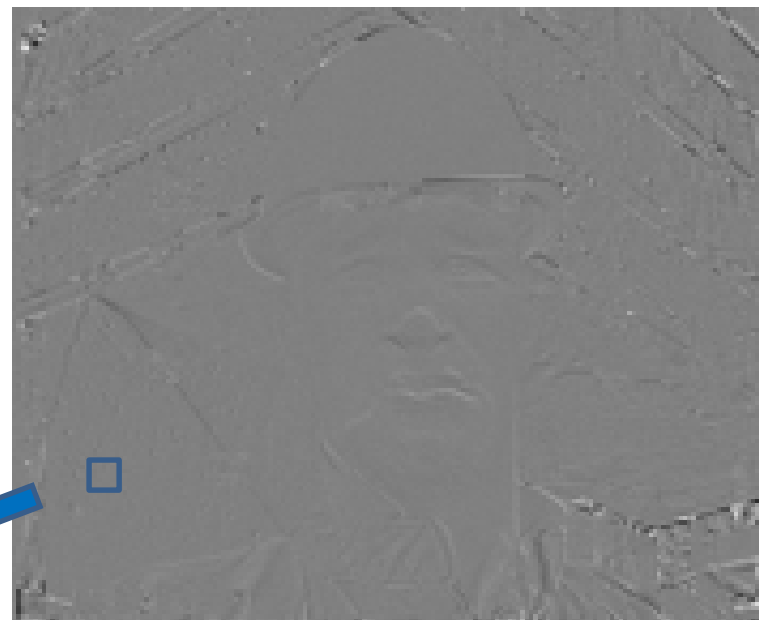


Imagem residual
após a predição Inter

Princípios de Codif. de Vídeo

- ❖ Redução da redundância temporal
 - Predição Inter-quadros

Subtrai

$$\left(\begin{array}{c} \text{Quadro} \\ \text{Atual} \\ \text{---} \\ T_n \end{array} \begin{array}{c} \text{Quadro de} \\ \text{Referência} \\ \text{---} \\ T_{n+1} \end{array} \right) =$$



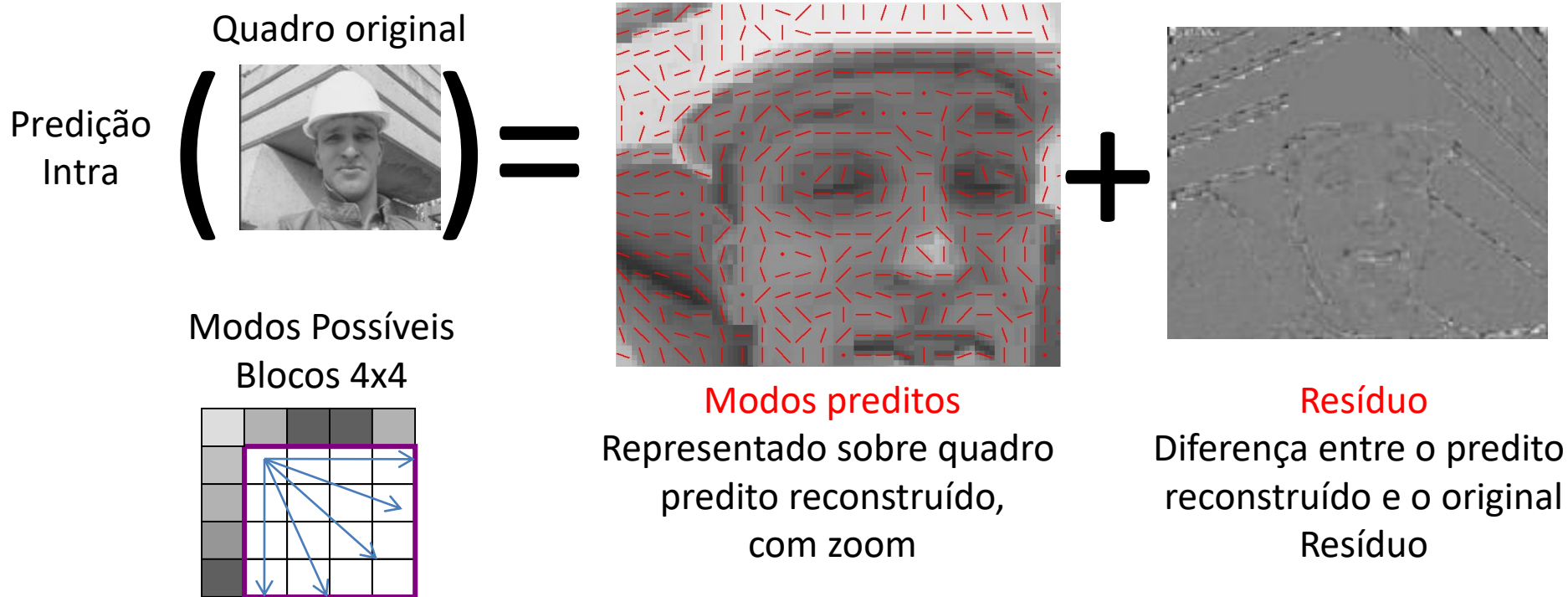
Nem sempre funciona!

Princípios de Codif. de Vídeo

- ❖ Redução da redundância espacial
 - Predição Intra-quadro
- ❖ Indispensável para o processo de codificação!
 - Não utiliza referências para outros quadros
 - Ao menos um quadro do vídeo deve ser codificado apenas com a predição intra
- ❖ Apresenta resultados de compressão inferiores aos obtidos pela predição inter
 - Em geral, a redundância temporal é maior que a redundância espacial

Princípios de Codif. de Vídeo

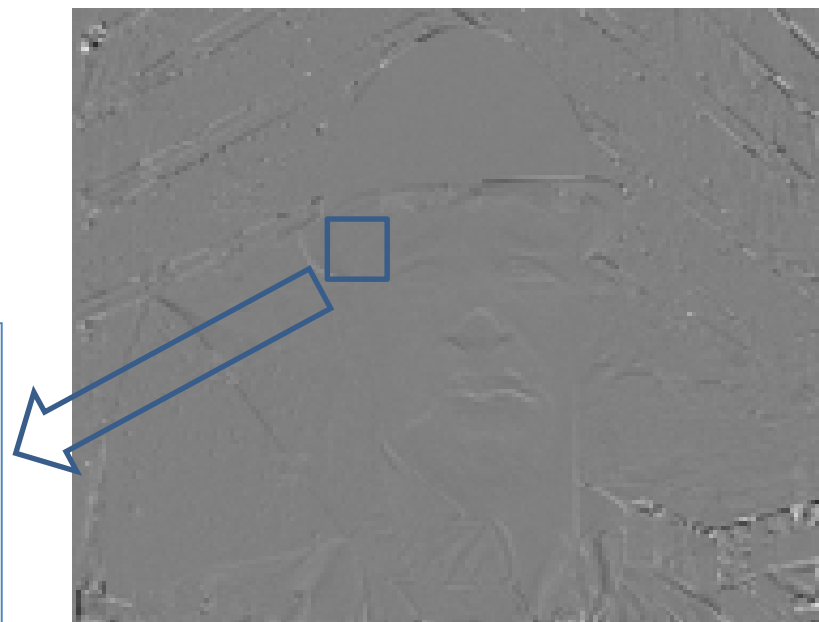
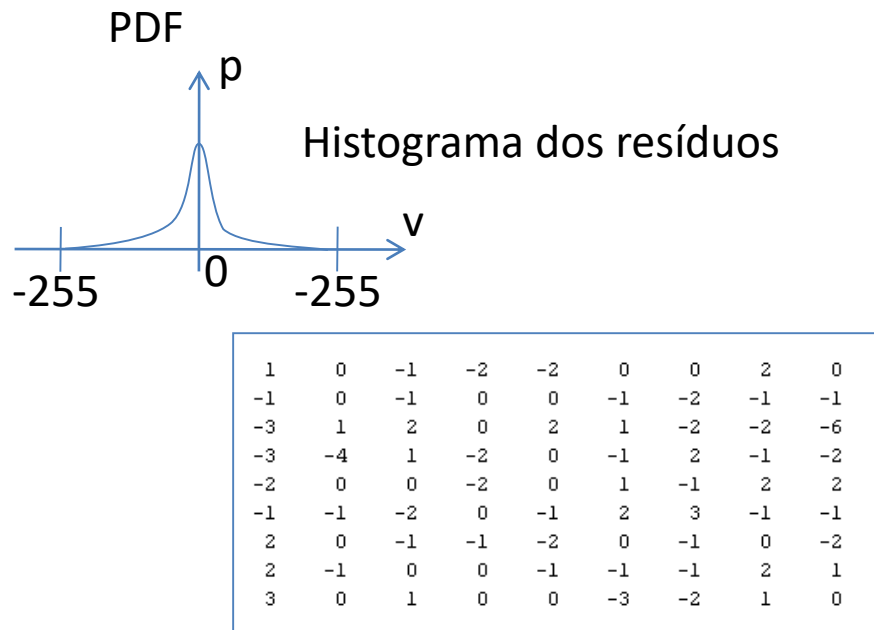
- ❖ Redução da redundância espacial
 - Predição Intra-quadro



Princípios de Codif. de Vídeo

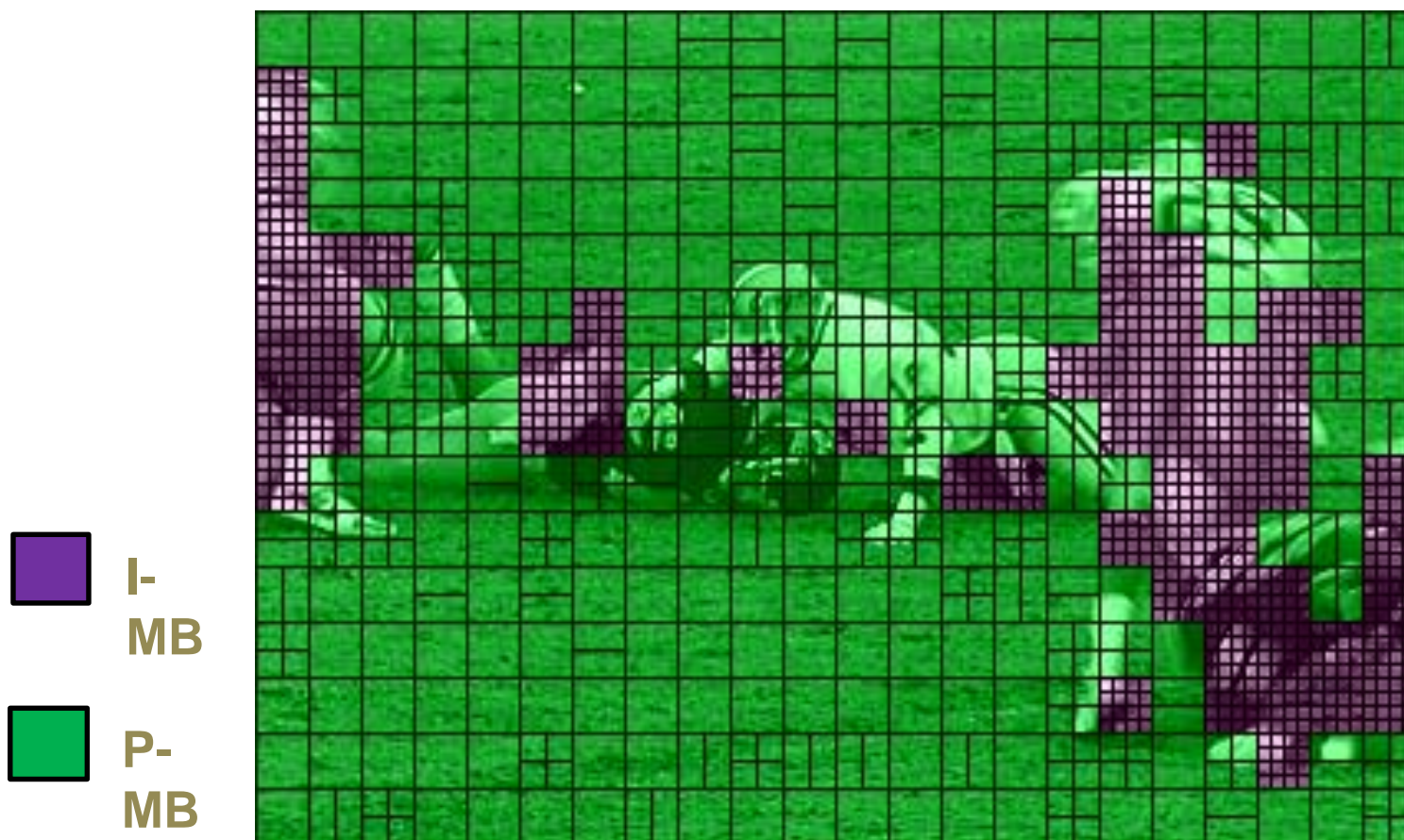
❖ Predição Inter + Predição Intra

- Visam reduzir o resíduo



Princípios de Codif. de Vídeo

- ❖ Macroblocos escolhidos com a predição Inter e Intra no padrão H.264



Sumário

- ❖ Redundância em Vídeos Digitais
- ❖ Princípios de Codificação de Vídeo
- ❖ **Modelo Genérico de Codificador**
- ❖ Padrões de Codificação de Vídeo
- ❖ Transcodificação de Vídeo

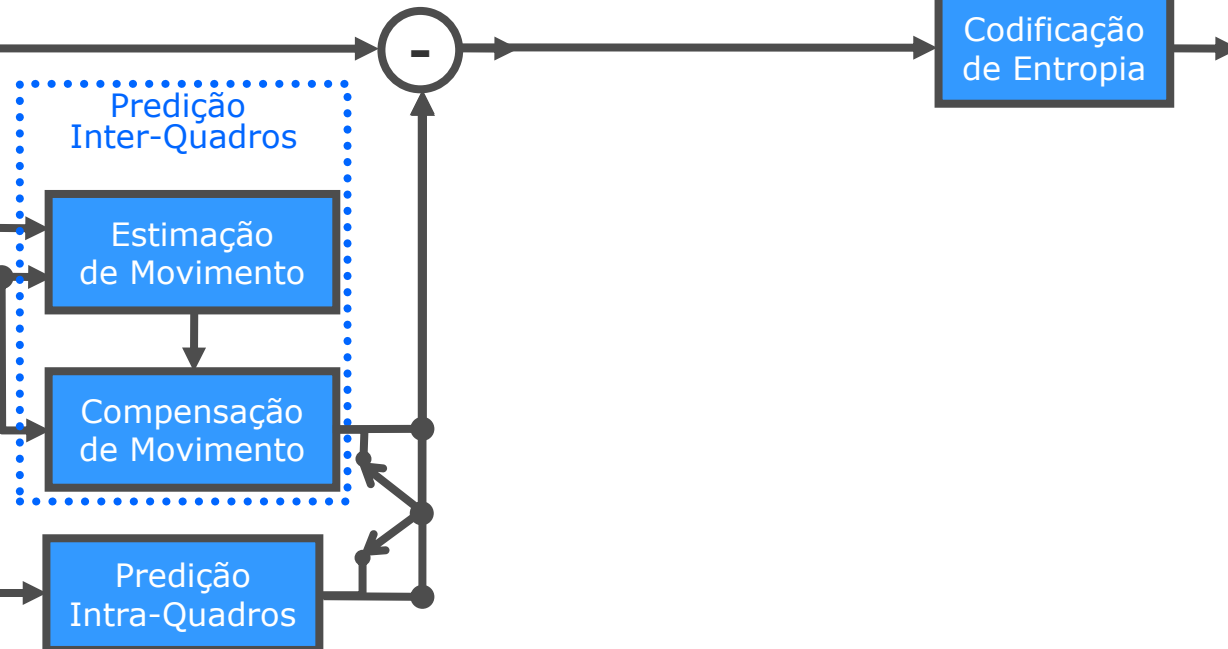
Modelo Genérico de Codificador

- ❖ Versão do codificador com previsão
 - Nenhuma informação é descartada neste processo

Quadro Atual (original)



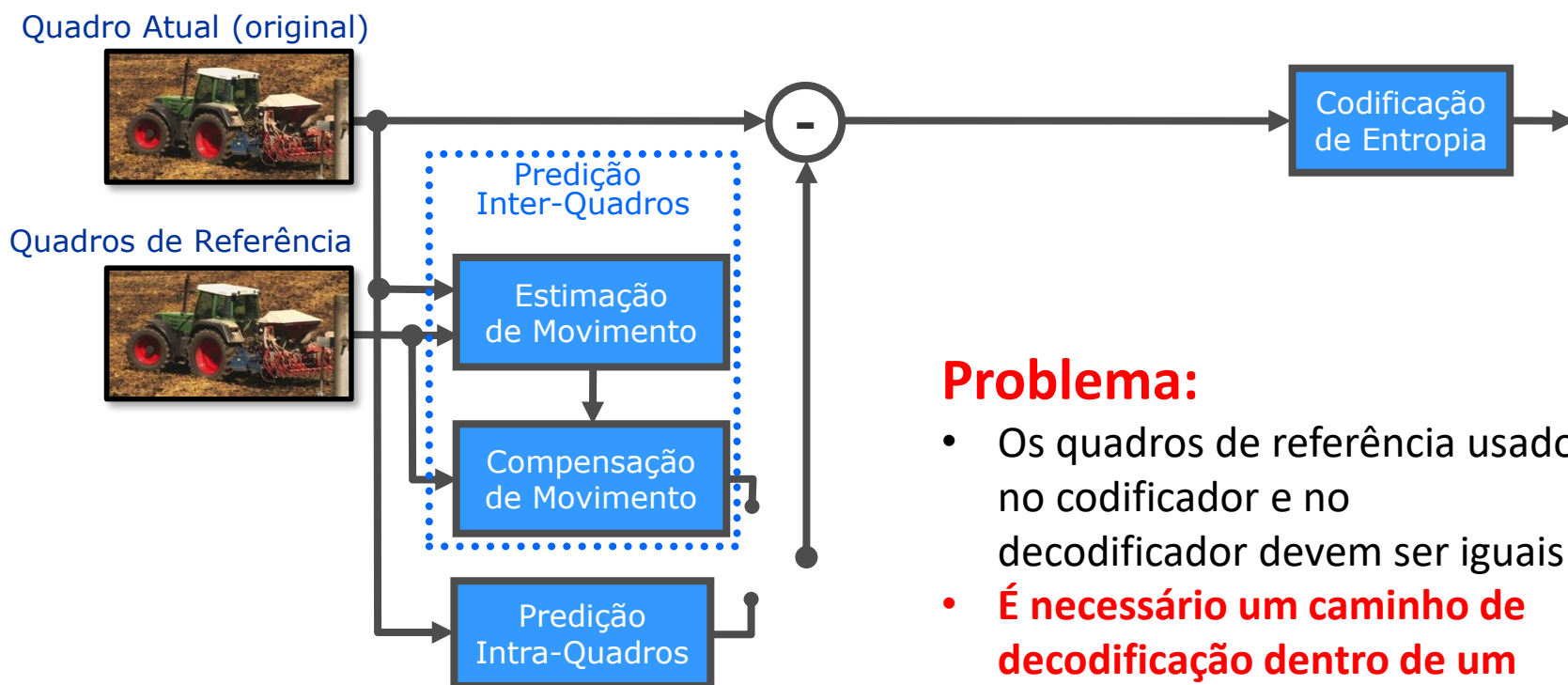
Quadros de Referência



Modelo Genérico de Codificador

❖ Versão do codificador com previsão

- Nenhuma informação é descartada neste processo

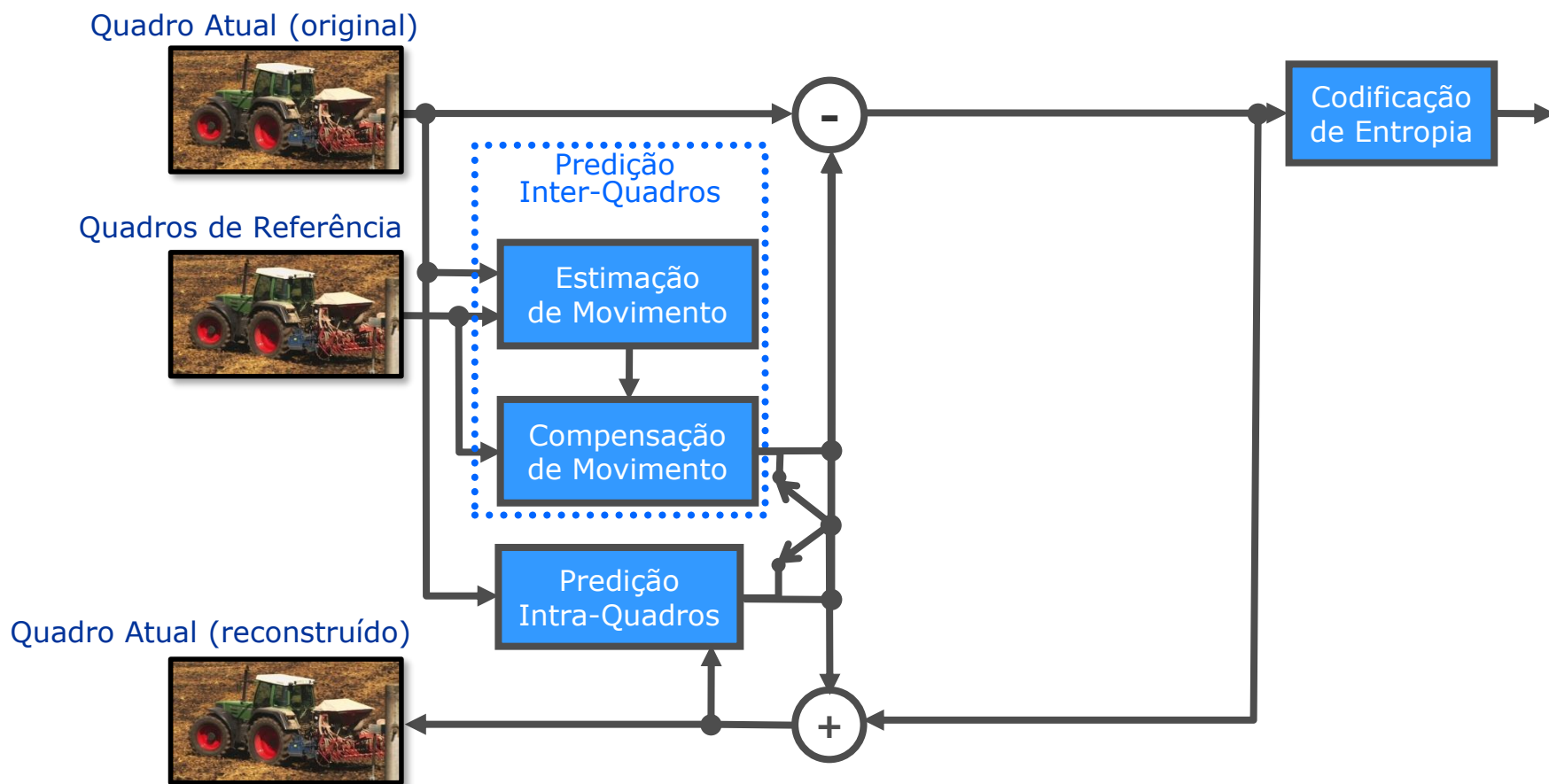


Problema:

- Os quadros de referência usados no codificador e no decodificador devem ser iguais!
- **É necessário um caminho de decodificação dentro de um codificador!**

Modelo Genérico de Codificador

- ❖ Versão do codificador com previsão
 - Nenhuma informação é descartada neste processo



Modelo Genérico de Codificador

- ❖ Este modelo de codificador inda é ineficiente
 - Modelo de codificador “sem perdas”
- ❖ Taxas muito maiores de compressão podem ser alcançadas!
 - Muitas informações ainda podem ser removidas, com pouco ou nenhum impacto visual

Modelo Genérico de Codificador

- ❖ Características do sistema visual humano
 - **Menor** sensibilidade para **altas frequências**
 - Estas informações não são captadas de maneira eficiente pelo olho humano
 - Não agregam informação importante a imagem
 - **Maior** sensibilidade para **baixas frequências**
 - Principais frequências que compõem a imagem visível

Solução óbvia para a compressão de dados?
Remover as altas frequências!

Modelo Genérico de Codificador

- ❖ As informações em uma imagem (ou vídeo) estão no domínio espacial
 - Imagens formadas por uma matriz de pixels e duas dimensões
- ❖ Como identificar as altas frequências?
- ❖ Uso de transformadas!
 - Transformam a informação do domínio espacial para o domínio das frequências

Modelo Genérico de Codificador

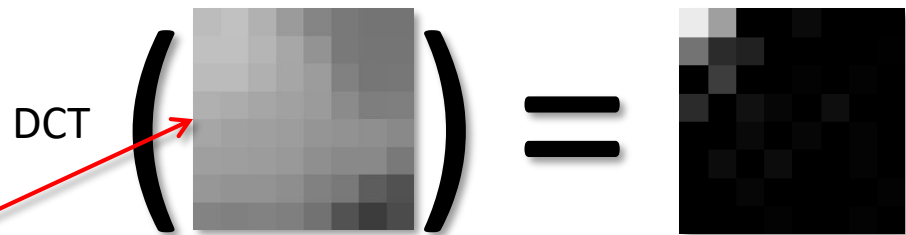
- ❖ Algumas das transformadas 2D utilizadas em padrões de codificação atuais
 - Transformada Discreta do Cosseno (DCT-2D)
 - Transformada inteira
 - Utilizada nos padrões H.264/AVC e HEVC
 - Transformada com números reais (ou ponto fixo)
 - JPEG usa DCT com coeficientes arredondados para 2 casas fracionárias
 - Transformada Hadamard
 - Usada no padrão H.264/AVC
 - Etc.

Modelo Genérico de Codificador

- ❖ Todas as transformadas também são aplicadas na forma reversa (inversa)
 - As transformadas inteiras **não inserem perdas** no processo de transformação direta e inversa
 - Necessário para o processo de reconstrução de quadros de referência
 - Os quadros de referência devem ser iguais no codificador e no decodificador
 - O decodificador não tem acesso ao quadro original (sem compressão)

Modelo Genérico de Codificador

- ❖ Redução da redundância espacial
 - Transformadas



Resultado

Baixas frequências no canto superior esquerdo
Altas frequências no canto inferior direito

Benefícios

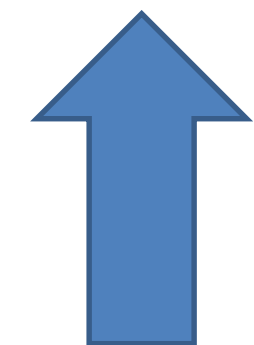
Codificador de entropia
Características do sistema visual humano

Modelo Genérico de Codificador

❖ Redução da redundância espacial

- Quantização: Descarte de informações considerando o sistema visual humano

Objetivo:

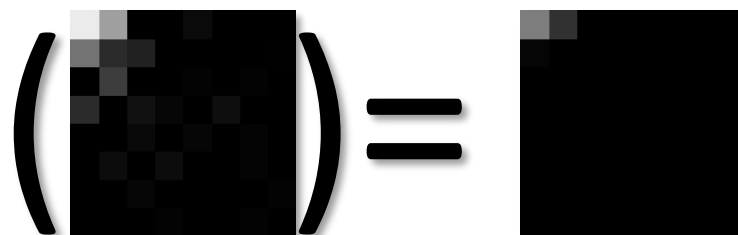


Compressão



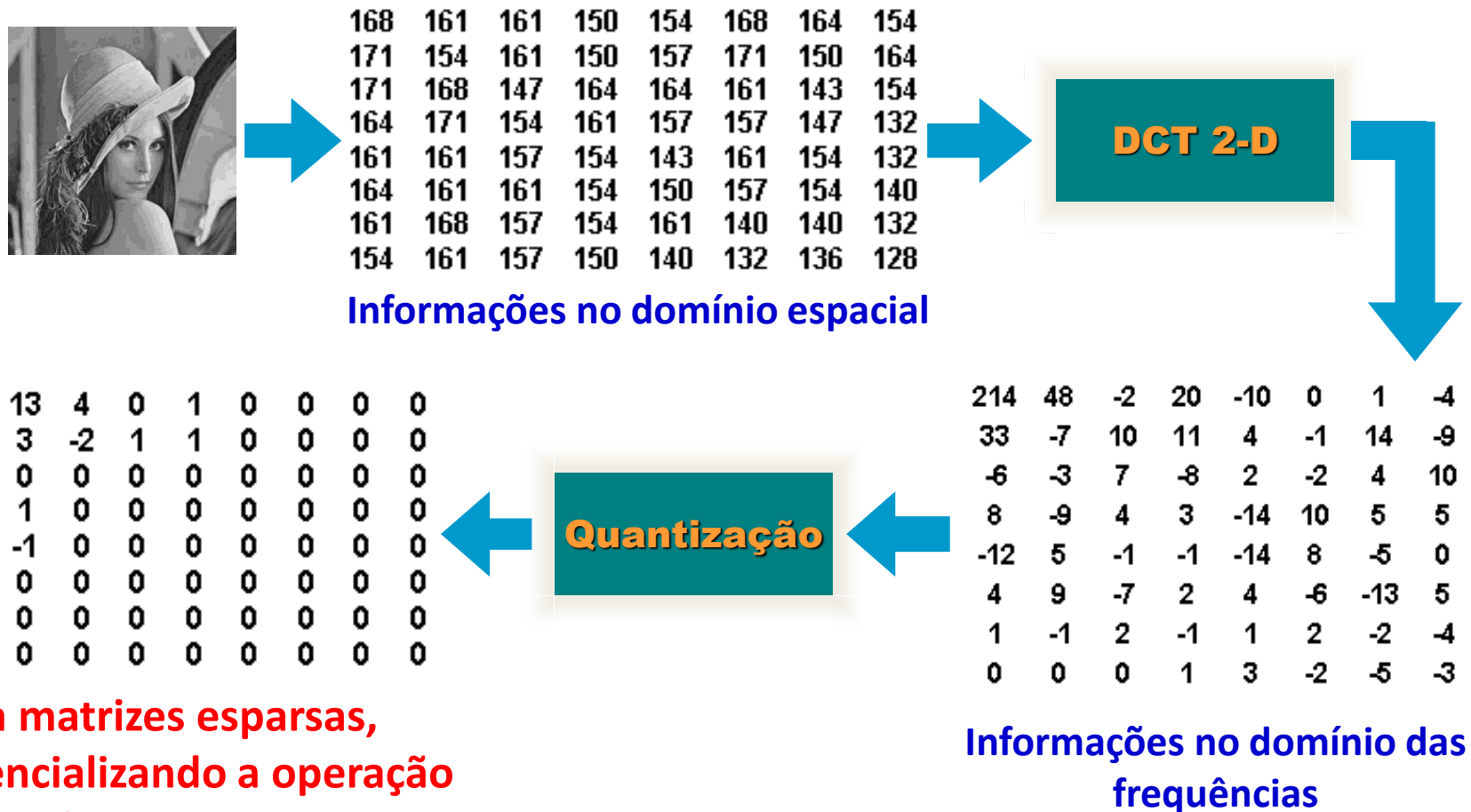
Qualidade

Quantização

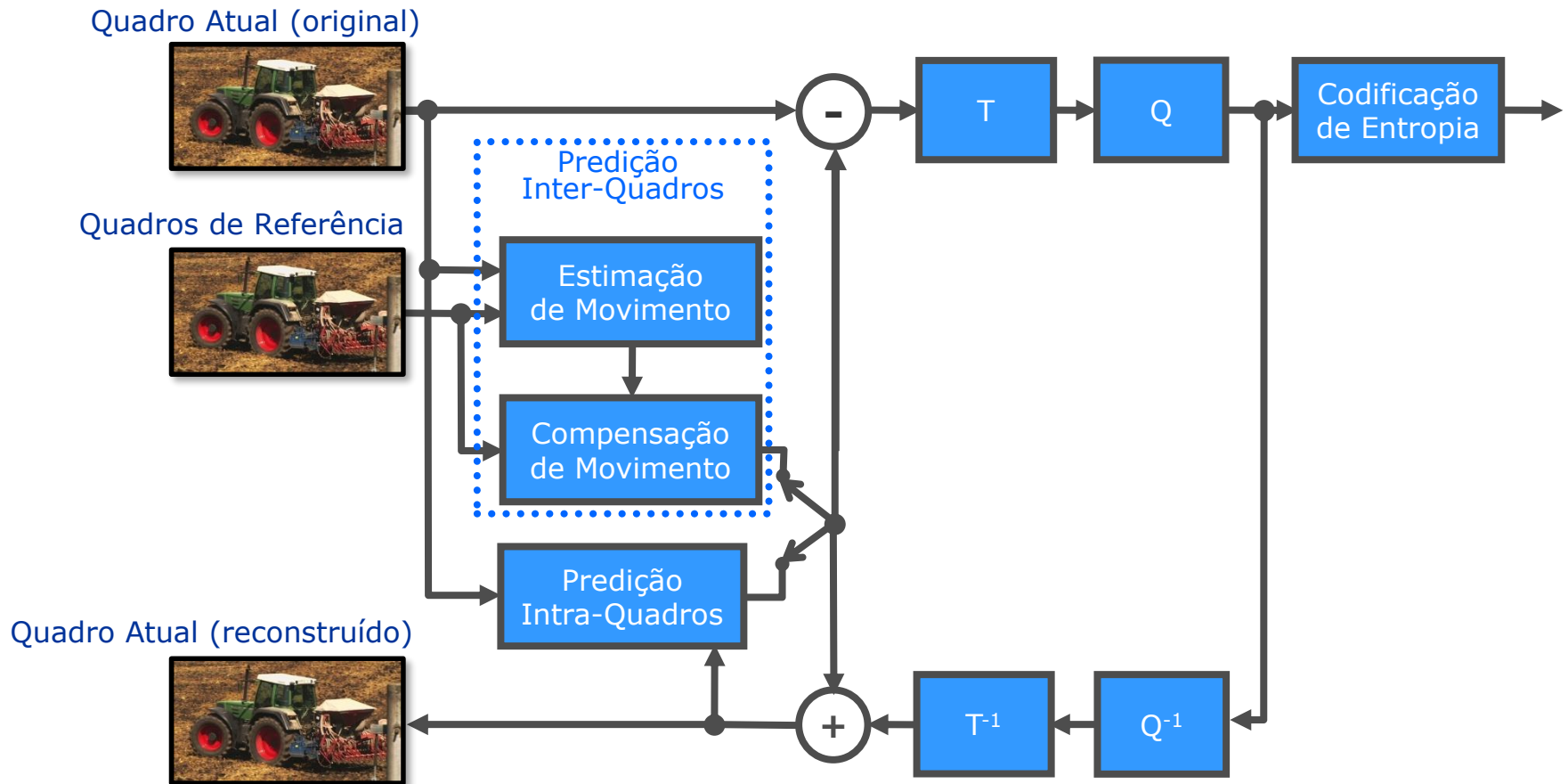


Modelo Genérico de Codificador

❖ Transformadas e Quantização



Modelo Genérico de Codificador



Modelo Genérico de Codificador

❖ Efeito de bloco

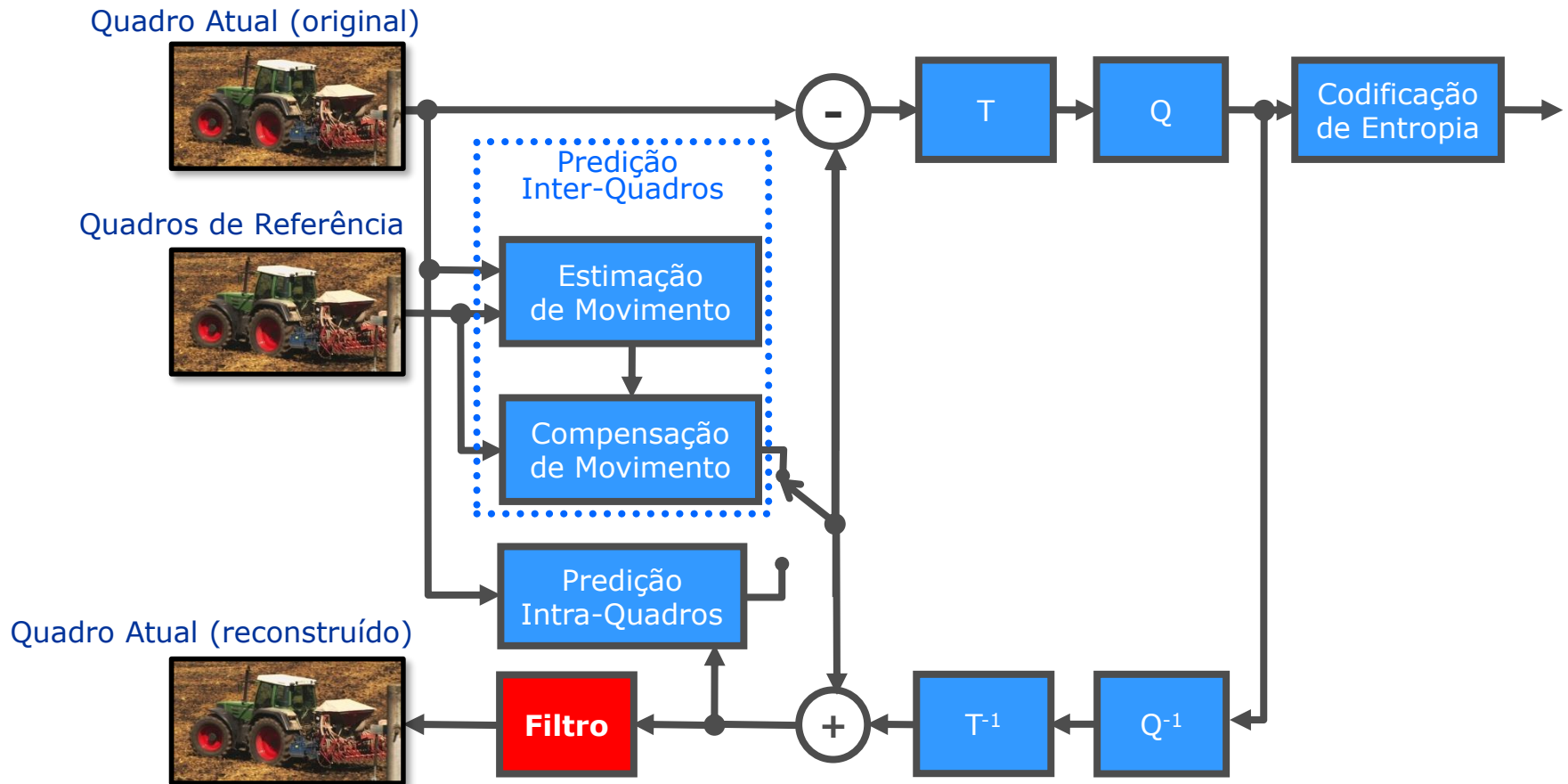
- Causado pelos algoritmos de predição (intra e inter)
- Aumenta de acordo com o “peso” da quantização



Imagem muito comprimida

Não Filtrada

Modelo Genérico de Codificador



Modelo Genérico de Codificador

❖ Filtro de deblocagem

- Reduz o efeito de bloco inserido pela codificação baseada em blocos
- A codificação baseada em blocos insere ruídos de altas frequências nas bordas entre os blocos



Imagem muito comprimida

Não Filtrada



Imagem muito comprimida

Filtrada

Modelo Genérico de Codificador

❖ Filtro de deblocagem

- Reduz o efeito de bloco inserido pela codificação baseada em blocos
- A codificação baseada em blocos insere ruídos de altas frequências nas bordas entre os blocos



Imagem muito comprimida
Não Filtrada



Imagem muito comprimida
Filtrada



Imagem muito comprimida
Não Filtrada



Imagem muito comprimida
Filtrada

Modelo Genérico de Codificador

- ❖ Filtro SAO – Sample Adaptive Offset (padrão HEVC)
 - Reduz o efeito de ringing
 - “granulação” inserida próximo às bordas abruptas devido a eliminação de altas frequências no processo de quantização



Com Filtro



Sem Filtro

Sumário

- ❖ Redundância em Vídeos Digitais
- ❖ Princípios de Codificação de Vídeo
- ❖ Modelo Genérico de Codificador
- ❖ **Padrões de Codificação de Vídeo**
- ❖ Transcodificação de Vídeo

Padrões de Codificação de Vídeo

- ❖ H.263
- ❖ H.264/AVC + extensões
- ❖ HEVC + extensões
- ❖ JVET
- ❖ VP8
- ❖ VP9

Sumário

- ❖ Redundância em Vídeos Digitais
- ❖ Princípios de Codificação de Vídeo
- ❖ Modelo Genérico de Codificador
- ❖ Exemplos de Codificadores
- ❖ **Transcodificação de Vídeo**

Transcodificação de Vídeo

- ❖ Heterogênea
 - entre padrões
- ❖ Homogênea
 - de taxa de bits
 - de resolução espacial
 - de resolução temporal
 - de edição (marca d'água)
- ❖ Aplicações



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO
TEC2/TEC4: REDES MULTIMÍDIA (RMM)

Unidade 4

Codificação de Vídeo

Prof. Guilherme Corrêa
gcorrea@inf.ufpel.edu.br