

## EXPLORAÇÃO DE ARMAZENAMENTO APROXIMADO EM CODIFICADORES DE VÍDEO DO PADRÃO VERSATILE VIDEO CODING

YASMIN SOUZA CAMARGO<sup>1</sup>; BRUNO ZATT<sup>1</sup>;  
DANIEL MUNARI VILCHEZ PALOMINO<sup>1</sup>; FELIPE MARTIN SAMPAIO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – {yasmin.sc, zatt, dpalomino}@inf.ufpel.edu.br

<sup>2</sup> Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) – felipe.sampaio@farroupilha.ifrs.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

O consumo de vídeos vem crescendo cada vez mais no Brasil e no mundo, evidência disso é um estudo realizado pela (CISCO, 2020), no qual mostra que, até 2023, o fluxo de vídeos digitais ultrapassará 90% do total de dados que trafegam na internet. Para que esse tipo de mídia possa ser transmitido e armazenado de maneira eficiente, existem ferramentas conhecidas como compressores (codificadores/codec) de vídeos, responsáveis por diminuir de forma expressiva o tamanho da representação dos vídeos (OLIVEIRA, 2015). Dentre os codificadores mais consolidados atualmente, têm-se o H.264/AVC, o HEVC e o MPEG-2, atingindo uma grande parcela do mercado. Entretanto, de acordo com Francis (2022), existem padrões que foram recentemente lançados, como o Versatile Video Coding (VVC/H.266), e que estão ganhando cada vez mais destaque, havendo uma expectativa de que mais de 20% dos desenvolvedores passem a utilizá-lo em 2022.

O VVC é um dos formatos mais recentes dos codificadores de vídeo e destaca-se pela sua eficiência na codificação, uma vez que chega a oferecer uma economia de 50% na compressão de bits em relação ao seu antecessor, o HEVC, mantendo a mesma qualidade visual (FRAUNHOFER, 2020). No entanto, é necessário ressaltar que este codec requer um custo computacional significativamente maior, já que traz novas ferramentas de codificação. Dessa forma, aplicações que implementam um codec VVC demandam um alto consumo de energia, fazendo-se necessários estudos com objetivo de aumentar a sua eficiência energética (PAKDAMAN et al., 2020).

Técnicas de armazenamento aproximado podem ser exploradas a fim de reduzir este custo no VVC. Esse conceito pode ser aplicado na computação, como por exemplo, na área de processamento de vídeo e imagem, onde alguns dados podem ser retirados (ou alterados) sem que o ser humano perceba. Com relação à infraestrutura de memória, este conceito se aplica de forma parecida, no qual tecnologias e estratégias são adotadas a fim de economizar energia (VIEGAS, 2016). Como efeito colateral, há a ocorrência de erros tanto na leitura quanto na escrita dos dados. O desafio de pesquisa que se impõe é o de avaliar o perfil de tolerância a falhas (*resiliência*) dos diferentes módulos que compõem um codificador de vídeo VVC, com o foco em analisar as perdas decorrentes em termos de eficiência de codificação.

Portanto, este trabalho possui como objetivo avaliar os níveis de resiliência na codificação de vídeos com o VVC quando é explorado o uso de técnicas de armazenamento aproximado em regiões de memória de módulos específicos. Pretende-se, desta forma, traçar perfis de resiliência e definir níveis adequados de perda de eficiência de codificação, em troca da redução do consumo energético.

### 2. METODOLOGIA

Como foi comentado anteriormente, o armazenamento aproximado permite reduzir a energia e ampliar o desempenho das memórias. Nesse sentido, este trabalho pretende analisar como a codificação de vídeo se comporta ao utilizar esta

técnica. Logo, será verificado a resiliência da memória para módulos específicos da codificação, sendo eles: (1) Transformadas, (2) Estimação de Movimento Inteira (IME), (3) Estimação de Movimento Fracionária (FME) e (4) Predição Intra. A etapa das Transformadas é o momento em que o resíduo gerado pelo codificador é passado para o domínio das frequências e então as informações, que não são perceptíveis para o ser humano, são descartadas (DUARTE, 2021). Já a estimação de movimento, é uma etapa que ocorre durante predição inter quadros e é subdividida em estimação de movimento inteira, em que o codificador utiliza um ou mais quadros para prever o bloco atual, e a estimação de movimento fracionária que possui a mesma função, porém como diferença, utiliza blocos com pixels fracionários (VIEGAS, 2016). A resiliência também será verificada para a predição intra quadros, etapa em que o codificador identifica as redundâncias espaciais dentro do próprio quadro que está sendo codificado (DUARTE, 2021).

Portanto, nesses instantes da codificação serão aplicadas as técnicas de armazenamento aproximado e analisados os seus efeitos. Vale ressaltar que para inserir as diferentes taxas de erro, tanto na leitura quanto na escrita, foi utilizada a ferramenta PinTool da Intel. As seguintes taxas de erros foram analisadas:  $10^{-7}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-3}$  e 0 (sem erros). Uma taxa de erro de  $10^{-7}$  significa que há a probabilidade de ocorrer um erro a cada 10 milhões de operações de escrita ou leitura.

Para execução dos experimentos, foi utilizado o software VVenC, que é uma implementação baseada no padrão do VVC, o VTM, tendo uma série de otimizações para que o seu tempo de execução seja menor (FRAUNHOFER, 2020). A justificativa para a escolha do VVenC deve-se ao fato de que a execução dos experimentos com o VTM acaba se tornando inviável, já que o mesmo apresenta altíssimo tempo de simulação enquanto que o VVenC chega a ser 30x mais rápido por um custo de 12% de aumento na taxa de bits (WIECKOWSKI, 2021). Além disso, a utilização da ferramenta PinTool aumenta consideravelmente o tempo de execução, o que acaba agravando ainda mais esse problema. O VenC apresenta cinco perfis para a codificação, no qual um deles deve ser escolhido: *faster*, *fast*, *medium*, *slow* e *slower*. A configuração de codificação utilizada para este trabalho foi a *medium*, pois tem um equilíbrio entre tempo e eficiência de codificação, deixando uma grande parte das suas ferramentas ativadas.

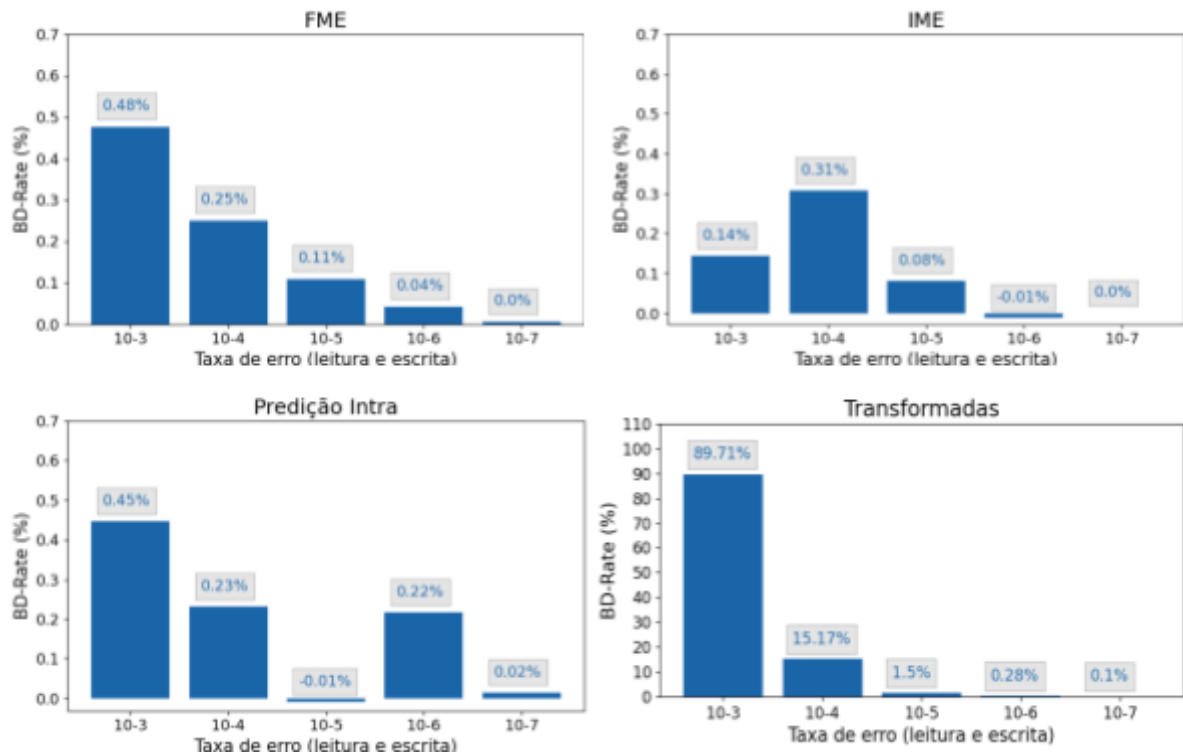
Foi utilizada a sequência de vídeo RaceHorses (416x240 pixels) como entrada do VVenC. Foram executadas cinco repetições para cada experimento, sendo assim possível ter resultados mais precisos, já que para avaliá-los será utilizado a média desses valores. O Parâmetro de Quantização (QP) também foi definido, sendo que este parâmetro está diretamente relacionado com a taxa de compressão e a qualidade visual final do vídeo codificado, quanto maior este valor mais eficiente será a codificação, porém o vídeo irá apresentar menor qualidade visual (DUARTE, 2021). Seguindo as recomendações de avaliação definidos pelo VVC, foram utilizados quatro valores de QPs: 22, 27, 32 e 37.

Depois de realizada a codificação, são gerados arquivos *.log* que contêm diversas informações com dados da codificação. Dessa maneira, para facilitar a análise dos dados obtidos foram criados scripts em python para extrair as informações necessárias e organizá-las em tabelas. Além do mais, é realizado o cálculo do BD-Rate (BJONTEGAARD, 2001), que é uma métrica de qualidade visual. Por último, foi desenvolvido um script que cria gráficos comparando os dados obtidos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das simulações para os módulos de IME, FME, Predição Intra e Transformadas estão apresentados na Figura 1. Em cada um deles foi estabelecida

uma correspondência entre a taxa de erro adotada (variando entre  $10^{-7}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-4}$  e  $10^{-3}$  para ambas operações de leitura e escrita na memória) e o BD-Rate obtido.



**Figura 1.** Relação (%) de BD Rate para os módulos de estimação de movimento fracionária, estimação de movimento inteira e transformadas

Como observação geral em todos os gráficos, destaca-se que quanto maior é a taxa de erros adotada maiores são os valores de BD-Rate, o que representa perdas mais expressivas de eficiência de codificação (relação entre qualidade do vídeo codificado e taxa de compressão atingida). Comportamentos inesperados foram verificados nos resultados dos módulos de IME (taxa de erro de  $10^{-4}$ ) e Predição Intra (taxa de erro de  $10^{-6}$ ). Dado o caráter inicial dos experimentos realizados no projeto, bem como as limitações no número de repetições das simulações, dado o elevadíssimo tempo de simulação necessário, podem explicar as flutuações ocorridas nestes resultados em específico.

É possível também observar nos gráficos que há erros que quase não apresentam perda de qualidade, como é caso a taxa de erro  $10^{-7}$  que se mostra bastante eficiente em todos os módulos: perda de 0,03% de BD-Rate na média. Além disso, a taxa  $10^{-6}$  em geral também apresenta pouquíssima perda de qualidade: 0,07% de BD-Rate em média.

Considerando a comparação entre os perfis de resiliência do codificador VVC quando os erros são injetados nos quatro diferentes módulos analisados neste trabalho, percebe-se que os impactos em termos de eficiência de codificação são maiores para o módulo de Transformadas, chegando a perdas de BD-Rate na faixa de 89% para a maior taxa de erros analisada. Para os demais módulos, as perdas chegam a 0,48%, 0,31% e 0,45% para os módulos de FME, IME e Predição Intra, respectivamente.

#### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho realizou uma avaliação inicial dos perfis de resiliência de um codificador de vídeo VVC com foco no emprego de técnicas de armazenamento

aproximado. Foram levantados os níveis de tolerância a erros da aplicação, em termos de perdas de eficiência de codificação (métrica BD-Rate) considerando a ocorrência de erros em operações de leitura e escrita em regiões de memória de quatro módulos: (1) Transformadas, (2) Estimação de Movimento Inteira (IME), (3) Estimação de Movimento Fracionária (FME) e (4) Predição Intra. Como resultados preliminares, observou-se a tendência geral de aumento nas perdas de eficiência de codificação com o aumento das taxas de erros aplicadas. O módulo com menor resiliência aos erros aplicados foi o módulo de Transformadas. A análise possibilitou identificar que a utilização dos erros  $10^{-7}$  e  $10^{-6}$  podem ser tolerados durante o processo de codificação e assim reduzir o consumo energético do processador. Como trabalhos futuros, pretende-se expandir as simulações para analisar comportamentos inesperados nos perfis traçados neste trabalho. Além disso, análises mais aprofundadas em cada um dos módulos serão realizadas, com o objetivo de se ter perfis de resiliência mais detalhados, possibilitando o emprego efetivo das técnicas de armazenamento aproximado e a análise do impacto destas na redução do consumo de energia dos codecs VVC.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BJONTEGAARD, g. Calculation of average PSNR differences between RD-curves (VCEG-M33). 2001. Acesso em: 19 jul. 2022. Disponível em: <[https://www.itu.int/wftp3/av-arch/video-site/0104\\_Aus/VCEG-M33.doc](https://www.itu.int/wftp3/av-arch/video-site/0104_Aus/VCEG-M33.doc)>.

CISCO. **Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper**. 09 mar. 2020. Acesso em: 07 jul. 2022. Online. Disponível em: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>

DUARTE, A. I. R. **Redução de complexidade do processo de decisão de modo da predição intra-quadro do codificador de vídeo VVC utilizando aprendizado de máquina**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

FRANCIS, A. **Top Video Technology Trends 2022: The Future of Streaming is About Device Reach**. BITMOVIN, 11 jan. 2022. Acesso em: 07 jul. 2022. Online. Disponível em: <https://bitmovin.com/top-video-technology-trends/>

FRAUNHOFER. **Fraunhofer HHI is proud to present the new state-of-the-art in global video coding: H.266/VVC brings video transmission to new speed**. 6 jul. 2020. Acesso em: 08 jul. 2022. Online. Disponível em: <https://newsletter.fraunhofer.de/-viewonline2/17386/465/11/14SHcBTt/V44RELLZBp/1>

FRAUNHOFER. **Fraunhofer Versatile Video Encoder (VVenC)**. 2020. Acesso em: 13 jul. 2022. Online. Disponível em: <https://www.hhi.fraunhofer.de/en/departments/vca/technologies-and-solutions/h266-vvc/fraunhofer-versatile-video-encoder-vvenc.html> .

OLIVEIRA, J. **Codecs de vídeo: o que são, para que servem e tudo o que você precisa saber**. Canaltech, 13 maio 2015. Acesso em: 07 jul. 2022. Online. Disponível em: <https://canaltech.com.br/internet/codecs-de-video-o-que-sao-para-que-servem-e-tudo-o-que-voce-precisa-saber-41231/>

PAKDAMAN, F. et al. Complexity analysis of next-generation VVC encoding and decoding. In: **2020 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)**. IEEE, 2020. p. 3134-3138.

VIEGAS, T. G. **Técnicas de Computação Aproximada para Implementação de Filtros FIR**. 2016.

WIECKOWSKI, A. et al. VVenC: An open and optimized VVC encoder implementation. In: **2021 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW)**. IEEE, 2021. p. 1-2.