

OTIMIZAÇÃO DO ALGORITMO TEST ZONE SEARCH NO CODIFICADOR DE VÍDEO VVENC

VINICIUS REIS¹; MATHEUS ISQUIERDO²; BRUNO ZATT²; DANIEL PALOMINO²

¹*Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – vinicius.reis@ufpel.edu.br*

²*Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – {mmisquierdo, zatt, dpalomino}@inf.ufpel.edu.br*

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o crescimento notável na produção e consumo de vídeos tem sido um dos principais responsáveis pelo aumento do tráfego downstream em redes móveis e fixas (SANDVINE, 2024), evidenciando a urgência de aprimorar os sistemas de codificação de vídeo. Codificadores amplamente utilizados, como H.264/AVC, HEVC e MPEG-2, desempenham um papel crucial na redução do tamanho dos arquivos, facilitando sua transmissão e armazenamento. O *Versatile Video Coding* (VVC) (BROSS et al., 2021), introduzido em julho de 2020, representa um avanço considerável em eficiência de compressão, apresentando uma performance até 50% superior em comparação ao HEVC (FRAUNHOFER, 2020). Entretanto, essa melhoria vem acompanhada de uma demanda por recursos computacionais significativamente maiores, resultando em um aumento no consumo de energia.

O VVC incorpora técnicas avançadas, como a Inter Predição, que explora redundâncias espaciais entre os quadros para otimizar a eficiência da codificação, um aspecto vital para transmissões em alta definição e em tempo real. No contexto da Inter Predição, a Estimação de Movimento (EM) é uma etapa fundamental, utilizando algoritmos de busca para identificar similaridades entre os quadros. No entanto, a EM representa uma das etapas mais onerosas em termos de recursos computacionais.

Para enfrentar este desafio, foi desenvolvido a implementação VVenC, que oferece melhorias significativas em relação ao seu antecessor, VTM, possibilitando velocidades de codificação até 30 vezes superiores, com um incremento de apenas 12% na taxa de bits (WIECKOWSKI, 2021). O VVenC disponibiliza cinco perfis de codificação — *faster, fast, medium, slow e slower* — permitindo um equilíbrio otimizado entre o tempo de processamento e a eficiência da compressão definida pelo usuário, apesar disso, o codificador ainda apresenta desafios de custo de processamento para enfrentar.

O algoritmo *Test Zone Search* (TZS) é empregado na EM para identificar blocos semelhantes com alta precisão, evitando buscas exaustivas e, consequentemente, acelerando o processo de codificação, embora ainda analise um número considerável de blocos candidatos. Assim, o presente trabalho tem como objetivo otimizar o processo do TZS no VVenC, propondo uma redução na quantidade de blocos candidatos avaliados, com o intuito de diminuir o consumo de energia, sem comprometer a qualidade da codificação. Nesse contexto, os resultados atingidos se alinham com as diretrizes atuais de desenvolvimento sustentável.

1.1 ALGORITMO TEST ZONE SEARCH NO VVENC

A principal característica do TZS é que o algoritmo é projetado para ser eficiente em termos de complexidade computacional. O algoritmo *Test Zone*

Search é estruturado em quatro etapas principais: Predição do Vetor de Movimento, Busca Inicial, Busca Raster e Refinamento (SANT'ANNA, 2021), conforme mostrado na Figura 1.

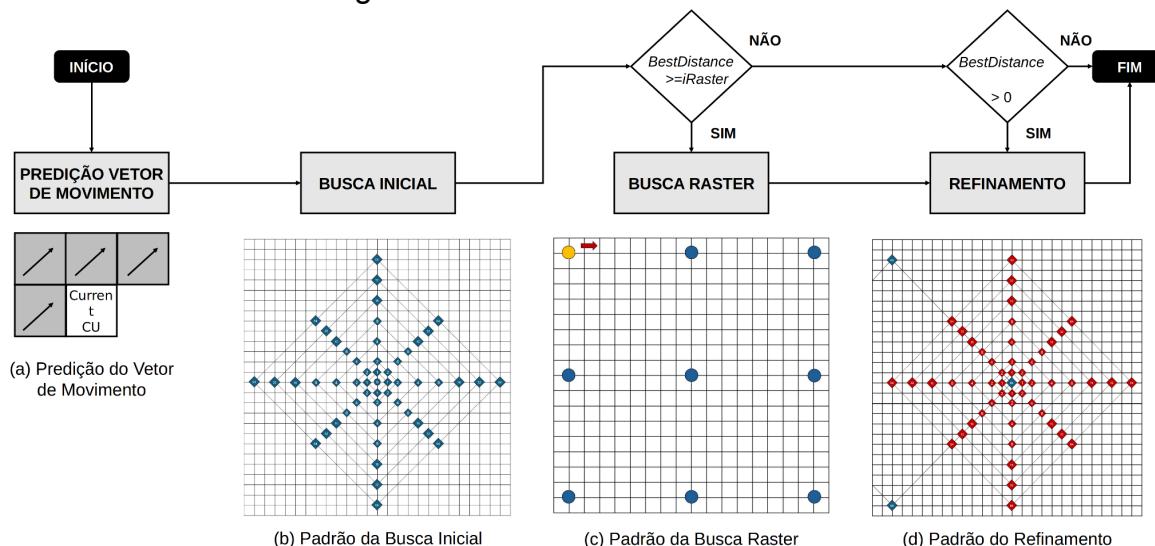


Figura 1: Estrutura do algoritmo *Teste Zone Search*

Inicialmente, a predição de vetor de movimento utiliza quatro preditores para calcular o preditor mediano do bloco analisado. O melhor preditor é selecionado com base no valor mínimo da Soma das Diferenças Absolutas (SAD), servindo como ponto de partida para a próxima etapa do algoritmo. Na fase de Busca Inicial, um padrão de busca em formato de diamante ou quadrado é aplicado, com o vetor predito sendo o ponto de partida. A área de busca é expandida em potências de dois, e a SAD do ponto central é comparada com os novos vetores candidatos. O vetor com o menor valor é selecionado. A busca é limitada a três expansões para controlar a carga computacional, com um critério de parada aplicado se nenhum vetor melhor for encontrado após essas expansões. Posteriormente, se o número de iterações da Busca Inicial atingir um valor pré-definido (*iRaster*, geralmente 5 ou 8), a etapa de Busca Raster começa. Esta fase realiza uma busca exaustiva na janela de busca, com subamostragem, visando refinar a precisão do vetor de movimento, melhorando a eficiência da codificação e minimizando a perda de qualidade visual. Por fim, se o vetor encontrado na Busca Inicial for diferente do vetor preditor, a etapa de Refinamento é realizada. Ela segue o mesmo princípio da Busca Inicial, mas busca um candidato ainda mais preciso, com base no vetor anterior. O critério de parada é definido em duas iterações, se nenhum vetor melhor for encontrado após isso, o refinamento é concluído. Essas etapas balanceiam eficiência computacional e qualidade na determinação do vetor de movimento ideal.

Para a realização deste estudo, os experimentos foram conduzidos utilizando o software VVenC. A configuração do software de codificação adotada neste trabalho foi o perfil "*medium*", por oferecer um equilíbrio ideal entre tempo de processamento e eficiência de codificação, mantendo a maioria de suas ferramentas ativas. A partir do estudo do funcionamento do TZS, foram empregadas métodos com contadores no código do VVenC com o intuito de investigar a frequência média das distâncias em que o melhor vetor de movimento é identificado na Busca Inicial e no Refinamento, os dados coletados são apresentados nas figuras 2 e 3.

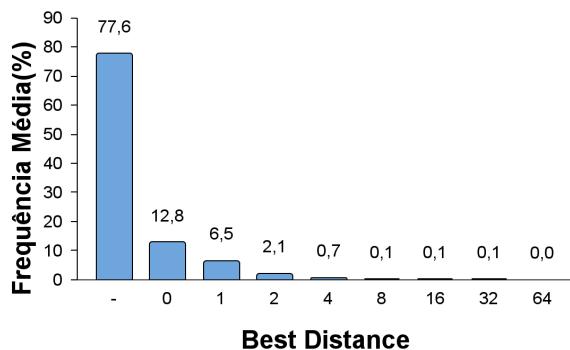


Figura 2: Distâncias do vetor- Busca Inicial

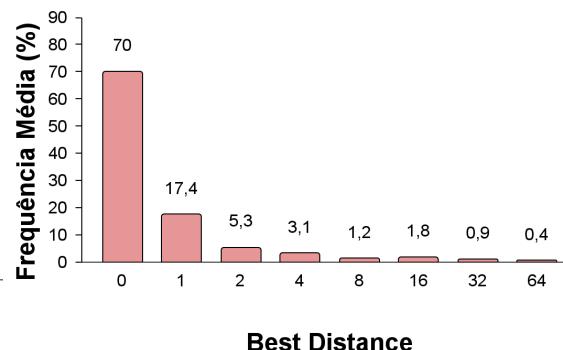


Figura 3: Distâncias do vetor- Refinamento

A análise revela que, na fase de Busca Inicial, o vetor de movimento mais escolhido frequentemente é o de distância 0, com uma frequência média de 70,03%, enquanto as distâncias 16, 32 e 64 somam apenas 3,06%. Na fase de Refinamento, essa etapa não é realizada em 77,62% dos casos, com as distâncias 2, 4, 8, 16, 32 e 64 sendo escolhidas em apenas 3,10% das vezes. Diante disso, sugere-se a eliminação de certas distâncias para reduzir o tempo de execução do TZS, sem afetar a seleção do vetor de movimento.

2. METODOLOGIA

Este trabalho propôs reduzir as expansões de distância para 4 iterações na Busca Inicial e 1 no Refinamento, visando otimizar a seleção dos vetores de movimento. A abordagem reduz a quantidade de candidatos avaliados, mantendo a eficiência da seleção e diminuindo o tempo de codificação, fator importante para a eficiência energética.

Para a solução, implementada no codificador VVenC, os experimentos foram realizados em 25 vídeos de diferentes classes (A1, A2, B, C, D, E e F) com quatro Parâmetros de Quantização (QP): 22, 27, 32 e 37, para uma análise completa do algoritmo em diferentes níveis de qualidade. A eficiência de codificação foi medida pelo BD-Rate, que avalia a variação na taxa de bits, e a economia de tempo de codificação foi considerada como métrica adicional. Além disso, todas as simulações foram realizadas na mesma estação de trabalho para garantir consistência nos resultados obtidos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram comparados os dados coletados entre a versão original do algoritmo e a versão otimizada. A Tabela 1 apresenta a relação entre as classes dos vídeos e seus respectivos valores de BD-Rate, a média de economia no tempo total de codificação, bem como a média de economia de tempo especificamente na etapa de Inter Predição. Os dados indicam que a aceleração proposta resulta em uma redução média de 0,444% no tempo total de codificação e de 1,544% no tempo da Inter Predição do VVenC, um resultado que, embora modesto, é significativo em cenários de alto desempenho. Além disso, essa melhoria na eficiência vem acompanhada, respectivamente, de um BD-Rate de 0,167%, destacando a viabilidade da abordagem.

Destaca-se a classe F que apresentou a maior economia de tempo na Inter-Predição, com uma redução média de 3,447% no tempo de codificação e um impacto de apenas 0,250% no BD-Rate. Por outro lado, a classe A2 teve uma economia total de tempo de codificação de apenas 0,345%, com um impacto de 0,270% no BD-Rate.

Tabela 1: Resultados obtidos

Classes	BD-Rate (%)	ΔTempo Total (%)	ΔTempo Inter (%)
A1	0,230	0,363	1,650
A2	0,270	0,345	1,205
B	0,082	0,740	1,876
C	0,235	0,360	1,265
D	0,087	0,392	0,857
E	0,020	0,356	0,513
F	0,250	0,555	3,447
Média Total	0,167	0,444	1,544

4. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo otimizar etapas do TZS para a diminuição do esforço computacional no processo da codificação. Por meio de experimentos e análises, foram obtidas economias significativas, resultando em uma redução de 0,444% no tempo total de codificação, acompanhada de um BD-BR de 0,167%. Esses resultados são fundamentais para uma compreensão aprofundada do comportamento do TZS e de como o algoritmo proposto tem suas etapas impactadas. Assim, as técnicas abordadas neste estudo podem abrir novas oportunidades para estudo de otimização do TZS para implementações do VVC em diversos contextos do cenário vídeo digital.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SANDVINE. **Global internet phenomena**, fevereiro de 2024.

BROSS, B.; CHEN, J. OHM.; J. R.; SULLIVAN, G. J.; WANG, Y. K. Developments in International Video Coding Standardization After AVC, With an Overview of Versatile Video Coding (VVC). **Proceedings of the IEEE**, vol. 109, no. 9, p. 1463-1493, 2021.

FRAUNHOFER INSTITUTE FOR TELECOMMUNICATIONS. **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**. Julho de 2020.

WIECKOWSKI, A. et al. Vvenc: An Open And Optimized Vvc Encoder Implementation. **IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW)**, Shenzhen, China, pp. 1-2, 2021.

SANT'ANNA, G. B., CANCELLIER, H., SEIDEL, I., GRELLERT, M. & GUNTZEL, J. L. Relying on a Rate Constraint to Reduce Motion Estimation Complexity. **ICASSP 2021 - 2021 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)**, Toronto, Canada, pp. 1560-1564, 2021.