

Transcodificador para Vídeos em Ultra-alta Definição

Uriel Govinda¹, Cecília de Moura Costa¹, Wesley da Cunha Santos¹ e Carlos Danilo Miranda Regis¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa, PB

E-mails: uriel.govinda.br@ieee.org, ceciliamcost@gmail.com, wesley.c.santos@ieee.org, danilo.regis@ifpb.edu.br

Resumo—A necessidade de disponibilizar, para diferentes dispositivos, seja ele fixo ou móvel a ultra-alta definição UHDTV 4K, impulsiona o desenvolvimento de transcodificadores cada vez mais eficientes. O sistema brasileiro de televisão digital cujo o padrão é o ISDB-Tb determina faixas de frequência de 6 MHz. Em função da limitação espectral faz-se necessário o ajuste de alguns parâmetros, como taxa de *bit* e a resolução espacial e temporal. Para o ajuste desses parâmetros utilizam-se transcodificadores de vídeos, que são sistemas capazes de converter uma sequência de vídeo em uma outra com diferentes parâmetros. Neste trabalho é feita a redução espacial dos vídeos de 4K UHD para HD 1080p. Na redução espacial de vídeo no domínio dos *pixels* são usadas técnicas de baixa complexidade, escolhidas por ter baixo custo computacional. Dentre elas os filtros linear, *cubic*, *nearest*, *lanczos4*, mediana e sigma. Para a avaliação da qualidade dos vídeos transcodificados foram usados as métricas objetivas PSNR, SSIM e PWSSIM. Dos resultados obtidos foi possível perceber que para todas as métricas o filtro linear obteve o melhor desempenho.

Palavras-chave—TV Digital, ISDB-Tb, UHDTV, Transcodificação, Processamento de Sinais de Vídeo.

I. INTRODUÇÃO

No início dos anos 90, os principais centros tecnológicos mundiais, como EUA, Europa e Japão, já estavam pesquisando padrões digitais para radiodifusão terrestre de televisão. Os objetivos comuns aos diversos sistemas, criados por esses países foram: manter as mesmas faixas de frequência (6 MHz no Brasil), aumentar as resoluções espaciais, vertical e horizontal, melhorar a representação de cores, apresentar uma razão de aspecto de 16×9 , som multicanal de alta fidelidade e transmissão de dados.

O Brasil foi o único país emergente no qual emissoras e indústrias de equipamentos financiaram parte dos testes para desenvolvimento do padrão ISDB-Tb, coordenado pelo Ministério das Comunicações brasileiro, liderado pela ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações), com apoio de universidades e institutos de pesquisa brasileiros, associações e organizações de profissionais de radiodifusão [1], [2].

O padrão ISDB-Tb (*Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial Built-in*), o padrão brasileiro de televisão digital permite a transmissão para diversos tipos de dispositivos de uma área, na forma de fluxo corrente (*stream*), radiodifusão ou por satélite. Para o ISDB-Tb está prevista a recepção em vários formatos para equipamentos móveis ou fixos, com transmissão dos padrões de compressão MPEG-2 e H.264 [3].

Os vídeos usados na transmissão da TV digital possuem diferentes formatos de codificação, resoluções (espacial e

temporal) e taxa de *bits*. O tipo de transmissão utilizada afeta diretamente a taxa com que os *bits* podem ser enviados e consequentemente, a definição do formato mais adequado para o sinal de vídeo.

Para que os sinais de vídeo sejam utilizados adequadamente em todos os dispositivos são usados transcodificadores de vídeo, que são sistemas capazes de converter uma sequência de vídeo em outra sequência com diferentes parâmetros (codificação, resolução temporal, resolução espacial e/ou taxa de *bits*), conforme apresentado na Fig. 1. Na transcodificação, apenas o conteúdo de resolução máxima é armazenado, o que implica em uma economia significativa em espaço e tempo de produção. Quando necessário, o transcodificador pode reduzir a resolução ou taxa de *bits* ou ainda modificar o padrão de compressão original [4].

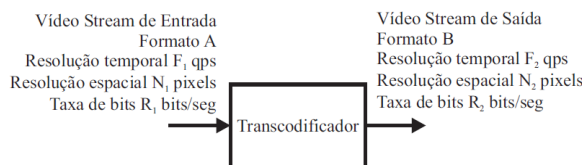


Fig. 1: Modelo de um transcodificador de vídeo genérico.

Nesta pesquisa é implementado um transcodificador empregado antes da transmissão, aplicado devido a sua baixa complexidade computacional o que permite o uso de técnicas eficazes tornando o tempo de processamento menor possível. A Fig. 2 apresenta o modelo do sistema de transcodificação considerado na pesquisa que é a transcodificação no domínio dos *pixels* [5], [6], em que são enfatizados os blocos de interesse. A transcodificação é de um sinal de vídeo digital na resolução *Ultra High Definition Television - UHDTV* (4K UHD, 3840×2048) para um sinal na resolução *High Definition Television - HDTV* (HD 1920×1080).

As técnicas de baixa complexidade computacional utilizadas neste trabalho são os seguintes filtros passa-baixas: linear, *cubic*, *nearest*, *lanczos4*, mediana e sigma [5], [7], [8]. Cada técnica utilizada é analisada usando métricas objetivas aplicadas a sete diferentes vídeos. Os vídeos foram escolhidos por possuírem uma diversidade de conteúdo com vários graus de quantidade de movimentação, textura e cor.

Esse estudo descreve o processo de desenvolvimento desse transcodificador, onde na Seção II é apresentada uma visão geral da televisão. A seção III contém brevemente os sistemas de transcodificação. Na seção IV são descritos os materiais e

métodos. Os testes e resultados são comentados na seção V. Por fim, as considerações a respeito desse estudo são apresentadas.

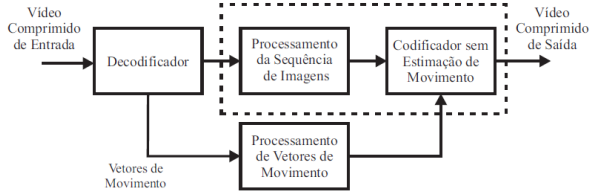


Fig. 2: Modelo de uma transcodificação de vídeo no domínio dos pixels [4].

II. TELEVISÃO DIGITAL

O sistema de televisão brasileiro foi inaugurado em 1950 e agora está enfrentando sua principal transformação: do analógico para o digital, onde sofreu algumas modificações em seu sistema de transmissão [9].

A TV digital permite melhorias significativas no que diz respeito a qualidade das transmissões de vídeo e áudio e, ainda, interatividade com os telespectadores, recepção do sinal em aparelhos móveis, e a possibilidade de uma mesma emissora transmitir, em um único canal, diversos programas [9], [10].

O pontapé inicial para o desenvolvimento da TV digital se deu em 1997 pelos EUA, que já tinham delineado as regras e políticas de TV digital dando início às transmissões ainda no final da década e adotando o *Advanced Television System Committed* (ATSC) que gradualmente foi implementado em todo o país.

Desde os anos 90, a União Europeia também vinha trabalhando no seu sistema televisivo desenvolvido pela *The European Launching Group for Digital Video Broadcasting* (ELD-DVB). O sistema europeu *Digital Video Broadcasting* (DVB) é mais robusto que o norte-americano e foi adotado por todos os estados da União Europeia e ainda Austrália, Índia e Cingapura.

O modelo japonês foi homologado em 1999, denominado de *Integrated Services Digital Broadcasting* (ISDB), tendo como um de seus principais objetivos a transmissão para recepção móvel, como no caso de aparelhos celulares. A implantação do ISDB ocorreu por completo em 2003, começando pelas cidades de Tóquio, Osaka e Nagasaki [11].

No Brasil, esse processo começou em 2007, quando a primeira transmissão terrestre de televisão digital foi lançada em São Paulo. O sistema de televisão digital brasileiro é referido como a ISDB-Tb, porque é principalmente baseado no sistema chamado ISDB-T *Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial*, que foi originalmente desenvolvido no Japão e trata-se de uma variação do ISDB [12]. O padrão adotado no Brasil também é utilizado em mais dez países da América Latina [2].

As características de modulação, transmissão hierárquica, robustez a multipercursos e tudo que se relaciona com radiofrequência, foi originado no ISDB-T. A diferença entre eles

se deve, principalmente, pelo emprego da compressão de vídeo MPEG-4 AVC, exibição da imagem para dispositivos portáteis em 30 quadros por segundo e suporte à interatividade usando o *middleware*¹ chamado Ginga, que é composto pelos módulos Ginga-NCL e Ginga-J [2], [3], [13].

Em Janeiro de 2009, o grupo de trabalho Brasil-Japão para TV digital finalizou e publicou uma documentação harmonizando as especificações dos padrões ISDB-T e ISDB-Tb, resultando numa especificação chamada agora de ISDB-T Internacional [2].

III. SISTEMA DE TRANSCODIFICAÇÃO

O sistema de transcodificação pode ser classificada em três classes: homogênea, heterogênea e em funções adicionais. A transcodificação homogênea modifica um conjunto de parâmetros do vídeo sem modificar o seu padrão de compressão, ou seja, realiza conversão da taxa de bits, da resolução espacial, da resolução temporal e mudanças na codificação. A transcodificação heterogênea realiza a conversão de padrões de compressão ou a conversão entre os formatos entrelaçado e progressivo [4], [14].

E por fim, a transcodificação em funções adicionais permite incluir informações à sequência de vídeo codificada, tais como proporcionar resistência a erros e adicionar logomarcas ou marcas d'água invisíveis. Um diagrama com os vários tipos de transcodificação é apresentado na Fig. 3 na qual nota-se suas classificações [6], [15], [16].

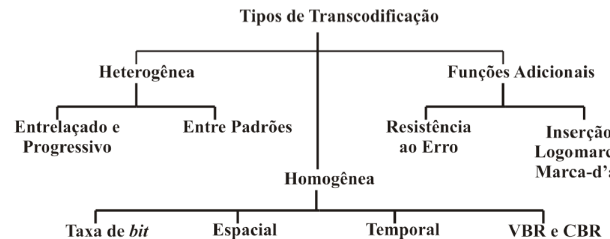


Fig. 3: Diagrama dos possíveis tipos de transcodificação [4]

O esquema proposto neste artigo é a transcodificação homogênea do tipo espacial que tem o objetivo de reduzir a resolução espacial do vídeo, utilizando a técnica de subamostragem no domínio dos pixels.

O processamento das sequências de imagens é realizado por meio de um interpolador fracional no qual L e S significam os fatores de aumento e diminuição espacial, com taxa L/S , como detalhado na Fig. 4.

A superamostragem, subamostragem e filtragem são as técnicas para reduzir a definição espacial, tanto na direção horizontal quanto na vertical. O superamostrador é empregado para aumentar a taxa de amostragem de uma sequência por um fator inteiro $L > 1$, enquanto o subamostrador é empregado para diminuir a taxa de amostragem por um fator inteiro $S > 1$ [17], [18]. Usa-se o superamostrador e o subamostrador

¹Software intermediário entre hardware da TV e programas aplicativos

juntos quando é necessário a redução ou aumento por um fator não inteiro [4].

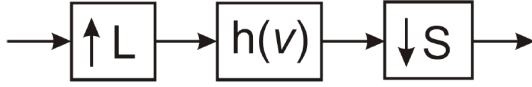


Fig. 4: Interpolador fracional com taxa L/S [4].

A. Filtros no Domínio Espacial

Para um vídeo digital a filtragem é aplicada localmente e modifica os valores dos níveis de cada *pixel* do quadro, considerando o seu contexto atual. Nessa técnica o *pixel* filtrado tem um valor dependente do contexto em que ele se encontra no quadro original [4].

No domínio espacial, que refere-se ao plano do próprio quadro, os filtros funcionam baseando-se no princípio da relação de vizinhança entre os elementos de uma região de tamanho e formato predeterminado. No processo de filtragem são atribuídos valores aos elementos do quadro destino em função dos elementos presentes no quadro original. Numa classificação mais detalhada, as técnicas podem ser divididas em três grupos [19]:

- Suavização espacial de regiões, que emprega filtros passa-baixas lineares e não lineares no domínio espacial, tem como finalidade a remoção de ruído e uniformização dos níveis de cinza dos *pixels*;
- Reescalamento dos níveis de cinza, que manipula ou requantiza os níveis de cinza para aumentar o contraste;
- Realce de bordas, que envolve filtros passa-altas lineares e não lineares no domínio espacial;

B. Métodos de Avaliação

A qualidade do vídeo pode ser medida utilizando métricas de qualidade objetiva ou de forma subjetiva por meio de experimentos com observadores humanos.

As medidas objetivas fazem medições em tempo real, comparando à imagem sob teste como a imagem original. Essas medidas mostram uma variação em relação à qualidade por meio de uma comparação matemática entre o sinal original e o sinal processado.

As medidas de avaliação objetiva são mais rápidas e de menor custo do que as soluções subjetivas. Elas mostram degradações ainda imperceptíveis, e são fundamentais na organização de padrões. O conhecimento da existência da distorção imperceptível é importante na formação do conceito de limiares que testa o quão longe o sistema está desse limiar.

A avaliação objetiva de sinais de vídeo pode ser classificada em três categorias: (1) FR ou *Full Reference*, quando ambos os sinais, original e processado, estão disponíveis para avaliação; (2) RR ou *Reduced Reference*, quando apenas algumas amostras ou certas características do sinal original estão disponíveis; e (3) NR ou *No Reference*, quando apenas o sinal processado está disponível [20].

IV. MATERIAS E MÉTODOS

O transcodificador desenvolvido nessa pesquisa é aplicado para a nova definição, a ultra-alta definição 4K UHD ($3840 \times 2160p$). Para a implementação do transcodificador foi utilizado o *Software Microsoft Visual Studio*, cuja linguagem de programação foi C++. A linguagem C++ trata-se de uma linguagem de baixo nível, ou seja, mais próxima de uma linguagem de *hardware* o que favorece um baixo custo computacional e rapidez em seu processamento.

Além de uma linguagem favorável ao desempenho computacional na implementação do transcodificador, também foram utilizadas técnicas de baixa complexidade computacional, para que o tempo de processamento seja pequeno, não atrapalhando a transmissão em tempo real. As técnicas de baixa complexidade computacional utilizadas nesse trabalho são os seguintes filtros passa-baixas: linear, *cubic*, *nearest*, *lanczos4*, mediana e sigma.

Esses filtros atuam da seguinte maneira: o filtro linear realiza a interpolação bilinear em uma janela de 2×2 , tomando por base os valores de cinza dos quatro vizinhos mais próximos ao centro do novo *pixel*, o *cubic* se utiliza da interpolação bicúbica usando a média dos 16 pontos mais próximos, ponderada pela distância a esses pontos, o *nearest* se dispõe da técnica de vizinho mais próximo, os dois últimos com janelamento 4×4 , *lanczos4* usa a interpolação *lanczos* em janelas de 8×8 , todos aplicam a média ponderada para definição dos *pixels*. A mediana é um filtro de janela 2×2 onde é ordenado os valores vizinhos de forma crescente e escolhe a mediana dessa ordenação como o novo valor do *pixel* resultante. O sigma utiliza a distribuição estatística dos contadores digitais de uma janela móvel 2×2 para estimar o valor do *pixel* central da janela.

Cada técnica utilizada é analisada usando métricas objetivas² [4] em sete diferentes vídeos, para essa pesquisa foram utilizadas as métricas PSNR (*Peak signal-to-noise ratio*), SSIM (*Structural Similarity Index*) e PWSSIM (*Percentual Weighted Structural Similarity Index*).

O PSNR calcula o erro médio quadrático (MSE) da imagem reconstruída, dado pela Equação 1, observando o nível de luminância de cada *pixel*. Nessa expressão N representa o número de *pixels*, f_i e h_i os i -ésimos valores de luminância dos *pixels* do vídeo original e do vídeo degradado, respectivamente. Essa métrica é comumente utilizada por apresentar expressões matemáticas simples permitindo fácil manipulação. A PSNR para vídeos codificados em 8 bits é dada pela Equação 2.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (f_i - h_i)^2 \quad (1)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left[\frac{255^2}{MSE} \right] \quad (2)$$

²Consiste em uma comparação matemática entre o sinal original e o sinal processado que mostram a diferença em relação à qualidade percebida por observadores humanos.

O SSIM utiliza a estatística da imagem para a avaliação de qualidade de imagens usando janelas deslizantes, na qual seus índices são calculados movendo-se pixel-a-pixel do topo esquerdo até o canto inferior direito do quadro. O SSIM considera a informação estrutural da imagem, ou seja, aqueles atributos que se refletem na estrutura dos objetos da cena, que dependem da média da luminância e do contraste da imagem [4]. O SSIM estima a similaridade entre o vídeo original x e o vídeo degradado y , comparando parâmetros como luminosidade, contraste e estrutura [21], [22]. O SSIM se apresenta conforme a Equação 3

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_x\sigma_y + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (3)$$

em que a média de x e y é representada por μ_x e μ_y , a variância por σ_x e σ_y , respectivamente e por fim C_1 e C_2 são constantes ligadas a faixa dinâmica dos valores de pixel, para um sinal, que evitam o surgimento de instabilidades quando o denominador tende a zero [23].

O PWSSIM atua semelhante ao SSIM porém leva em consideração a informação espacial (SI), obtida conforme a Equação 4 perceptiva como forma de ponderação das regiões visualmente mais importantes.

$$SI_i = \left(\frac{1}{P} \sum_{j=1}^P (\mu_i - \nabla f_i)^2 \right)^{1/2} \quad (4)$$

na qual μ_i representa o valor médio da magnitude do gradiente em um bloco e P é o número de *pixels* no bloco. A SI incorporada ao SSIM resulta na métrica PWSSIM que é dada por:

$$PWSSIM(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{\sum_{i=1}^B SSIM_i(x_n, y_n) \cdot SI_{in}}{\sum_{i=1}^B SI_{in}}$$

Os vídeos utilizados fazem parte do banco de dados do *Ultra Video Group* [24] e foram escolhidos por possuírem uma diversidade de conteúdo com vários graus de quantidade de movimentação, textura e cor. Para execução dos testes foi necessário a utilização de duas resoluções originais do mesmo vídeo (UHD 4K e HD 1080p), já que o vídeo transcodificado deve ser comparado com o vídeo original de resolução equivalente.

No processo de transcodificação e análise de eficiência da transcodificação, optou-se pela avaliação por *Full Reference* onde se fez necessário a obtenção do mesmo vídeo nas resoluções UHD 4K e HD 1080p, para que após a passagem do vídeo UHD 4K pelo transcodificador fosse possível a comparação do vídeo transcodificado com o vídeo original em HD 1080p. Essa comparação permitiu ainda atestar a viabilidade do uso do transcodificador.

V. RESULTADOS

A fim de validar os resultados obtidos na pesquisa, o experimento realizado considerou sete vídeos no formato UHD 4K, comumente citados na literatura e disponíveis na Internet.

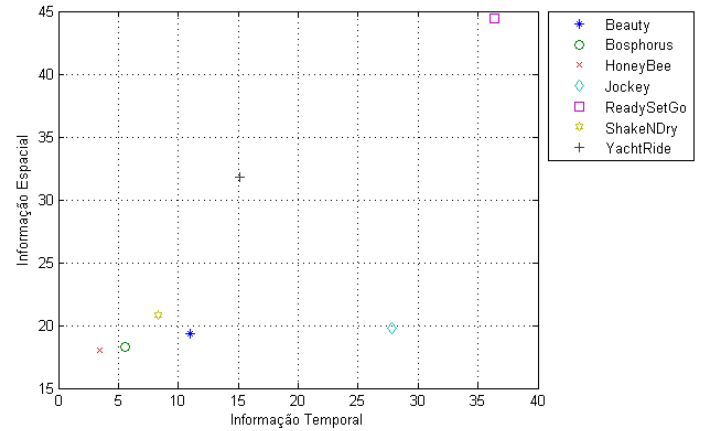


Fig. 5: Gráfico de dispersão entre a informação espacial (SI) e a informação temporal (TI) de vídeos no formato UHD 4K.

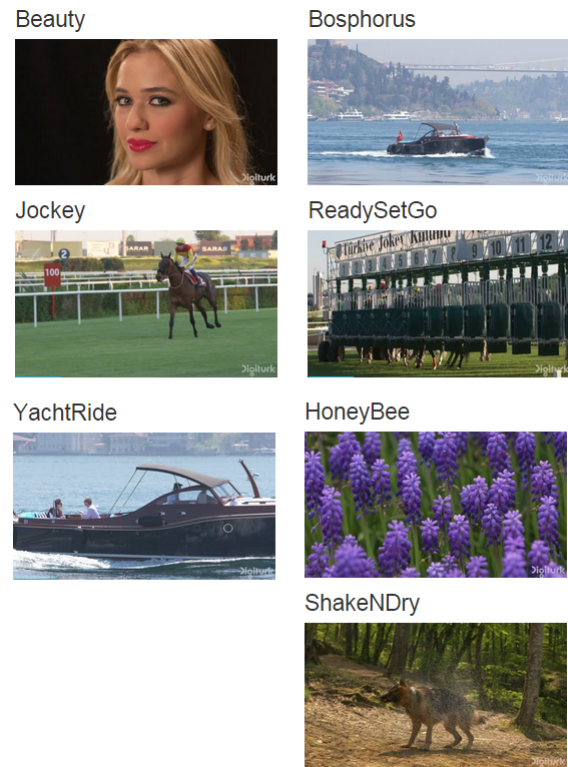


Fig. 6: Amostras de vídeos *Beauty*, *Bosphorus*, *HoneyBee*, *Jockey*, *ReadySetGo*, *ShakeNDry* e *YachtRide* utilizadas na pesquisa.

Para esses vídeos foram calculados os valores da informação da percepção espacial (*Spatial Perceptual Information - SI*) e informação da percepção temporal (*Temporal Perceptual Information - TI*), e gerado um gráfico de caracterização,

representado na Fig. 5. Pois de acordo com a recomendação ITU-T P.910 devem ser utilizados vídeos que estejam mais dispersos possíveis [25].

Com a garantia de vídeos com informação espacial e temporal de acordo com as diretrizes do ITU-T P.910 o passo seguinte consistiu na transcodificação dos vídeos *Beauty*, *Bosphorus*, *HoneyBee*, *Jockey*, *ReadySetGo*, *ShakeNDry* e *YachtRide*, apresentados na Fig. 6, utilizando o transcodificador desenvolvido nessa pesquisa.

Para cada vídeo foi aplicado os filtros passa-baixas: linear, *cubic*, *nearest*, *lanzosa4*, mediana e sigma.

Com os vídeos gerados em cada uma das técnicas propostas, foi realizado a avaliação de similaridade do transcodificador utilizando três métricas objetivas PSNR (*Peak signal-to-noise ratio*), SSIM (*Structural Similarity Index*) e PWSSIM (*Percentage Weighted Structural Similarity Index*) [26]. Os valores obtidos da PSNR, SSIM e PWSSIM são apresentados nas Tabela I, Tabela II e Tabela III no qual nota-se que o melhor resultado obtido foi no filtro linear para todos os vídeos em todas as métricas.

Para a métrica PWSSIM, que é a métrica mais próxima da avaliação subjetiva os resultados tendem a 1, uma vez que a diferença está na quinta casa decimal. Por essa métrica os filtros linear, *cubic* e sigma tem resultados similares. Para diferenciar essas métricas se faz necessário uma análise do tempo de processamento (custo computacional) para cada filtro.

VI. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Como o ISDB-Tb permite diversas formas possíveis de transmissão compatíveis tanto para dispositivos fixos quanto móveis se faz necessário criar e otimizar constantemente as técnicas envolvidas em todo o sistema. Essa condição faz com que os transcodificadores de vídeo tornem-se uma ferramenta primordial, visto que nos transcodificadores, empregados na pesquisa, são usadas técnicas de baixa complexidade.

Os transcodificadores até então tratavam da resoluções HDTV ($1280 \times 720p$ 60 e $1920 \times 1080p$ 60). Assim surgiu a motivação para o desenvolvimento de um trabalho na área de transcodificação espacial para as novas definições, as ultra-alta definição (UHDTV) em especial a 4K UHD ($3840 \times 2160p$).

No Brasil a utilização de vídeos em UHD estão limitados apenas para transmissão em TV por assinatura, via cabo, devido a limitação espectral para uso em radiodifusão. Sendo assim, o transcodificador é importante por tornar possível a utilização de vídeos em UHD no ISDB-Tb.

O resultado alcançado no trabalho foi bastante promissor, visto que, para todos os vídeos as métricas avaliadas determinaram o filtro linear como o de melhor desempenho, permitindo a construção de um dispositivo para uso comercial. Como projeto futuro, é necessário aprimorar o método e expandir as pesquisas, devendo-se ainda testar o filtro linear em uma gama maior de vídeos e com dispersão SI e TI maior possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] R. Cruz, *TV digital no Brasil: tecnologia versus política*. Senac, 2008.

[2] E. E. da PUC-Rio, “Francisco de assis campos peres,” Ph.D. dissertation, PUC-Rio, 2011.

[3] M. S. D. A. ALENCAR, *Televisão digital*. Érica, 2007.

[4] C. D. Regis, R. B. Rocha, M. C. Farias, and M. S. Alencar, “Objective and subjective evaluation of spatially transcoded videos for mobile receivers.” *Journal of Communications Software & Systems*, vol. 6, no. 2, 2010.

[5] C. D. M. Regis, “Avaliação de técnicas de redução da resolução espacial de vídeos para dispositivos móveis,” Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2009.

[6] J. Xin, M.-T. Sun, B.-S. Choi, and K.-W. Chun, “An hdtv-to-sdtv spatial transcoder,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 12, no. 11, pp. 998–1008, 2002.

[7] C.-C. Lin, M.-H. Sheu, H.-K. Chiang, C. Liaw, Z.-C. Wu, and W.-K. Tsai, “An efficient architecture of extended linear interpolation for image processing,” *J. Inf. Sci. Eng.*, vol. 26, no. 2, pp. 631–648, 2010.

[8] W. Burger, M. J. Burge, M. J. Burge, and M. J. Burge, *Principles of Digital Image Processing*. Springer, 2009.

[9] M. S. Alencar, W. T. Lopes, and F. Madeiro, “History of television in brazil,” in *Telecommunications Conference (HISTELCON), 2010 Second IEEE Region 8 Conference on the History of*. IEEE, 2010, pp. 1–4.

[10] E. C. R. de Oliveira and C. V. N. de Albuquerque, “Tv digital interativa: Padrões para uma nova era,” *Anais da V Escola Regional de Informática RJ/ES. Sociedade Brasileira de Computação*, pp. 1–27, 2005.

[11] V. C. BRITTOS and D. G. SIMÕES, “Para entender a tv digital: tecnologia, economia e sociedade no século xxi,” *São Paulo: Intercom*, pp. 21–22, 2011.

[12] L. C. de Paula Costa, C. Setsuo Kurashima, M. Grigoletto De Biase, R. Herrero Alonso, and M. Knorich Zuffo, “A technical analysis of digital television broadcasting in brazil,” in *Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), 2013 IEEE International Symposium on*. IEEE, 2013, pp. 1–5.

[13] J. R. Damasceno, “Middleware ginga,” *Niterói/RJ: Escola de Engenharia/UFF*, 2008.

[14] C. D. M. Regis, J. S. Rocha, G. C. B. dos Anjos, M. C. Q. Farias, J. F. F. de Oliveira, and M. S. de Alencar, “Transcodificação de vídeo digital para receptores portáteis,” *IV SEGeT-Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, 2008.

[15] I. Ahmad, X. Wei, Y. Sun, and Y.-Q. Zhang, “Video transcoding: an overview of various techniques and research issues,” *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 7, no. 5, pp. 793–804, 2005.

[16] J. Xin, C.-W. Lin, and M.-T. Sun, “Digital video transcoding,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 93, no. 1, pp. 84–97, 2005.

[17] P. P. Vaidyanathan, *Multirate systems and filter banks*. Pearson Education India, 1993.

[18] S. K. Mitra and Y. Kuo, *Digital signal processing: a computer-based approach*. McGraw-Hill New York, 2006, vol. 2.

[19] A. d. A. Araújo, “Filtragem espacial,” in *Anais do Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação*, 1989.

[20] R. N. d. Fonseca, “Algoritmos para avaliação da qualidade de vídeo em sistemas de televisão digital.” Ph.D. dissertation, Universidade de São Paulo, 2008.

[21] D. C. Begazo, D. Z. Rodríguez, and M. A. Ramírez, “Avaliação de qualidade de vídeo sobre uma rede ip usando métricas objetivas,” in *Conferência Iberoamericana em Sistema, Cibernética e Informática CISCI*, 2011, pp. 226–229.

[22] J. V. d. M. Cardoso, A. C. Mariano, C. D. Regis, and M. S. Alencar, “Comparação das métricas objetivas de qualidade de vídeos baseadas na similaridade estrutural e na sensibilidade ao erro,” 2011.

[23] Z. Wang, L. Lu, and A. C. Bovik, “Video quality assessment based on structural distortion measurement,” *Signal processing: Image communication*, vol. 19, no. 2, pp. 121–132, 2004.

[24] U. V. Group, <http://ultravideo.cs.tut.fi/>, Julho 2015, department of Pervasive Computing of Tampere University of Technology.

Tabela I: Resultados da métrica objetiva PSNR.

Numeração	Filtros	Beauty	Bosphorus	HoneyBee	Jockey	ReadySetGo	ShakeNDry	YachtRide
1	linear	38,778254	50,941234	40,064485	40,404414	39,234166	44,377361	45,820815
2	cubic	37,529847	48,682164	39,317067	39,682239	38,864970	42,536704	44,264248
3	lanczos4	36,692521	47,268647	38,719304	39,069624	38,588304	41,351379	43,610074
4	nearest	33,358416	41,434846	36,147313	36,615550	35,485957	37,222526	37,757940
5	sigma	38,072577	48,374751	39,292383	39,553889	38,716308	42,408092	44,988799
6	mediana	33,995603	42,160365	36,278523	36,579100	35,192468	37,034613	38,327451

Tabela II: Resultados da métrica objetiva SSIM.

Numeração	Filtros	Beauty	Bosphorus	HoneyBee	Jockey	ReadySetGo	ShakeNDry	YachtRide
1	linear	0,998024	0,998415	0,996278	0,992121	0,995320	0,998636	0,998712
2	cubic	0,997203	0,997374	0,995400	0,989860	0,995008	0,997516	0,997895
3	lanczos4	0,996510	0,996583	0,994647	0,987805	0,994717	0,996585	0,997389
4	nearest	0,991760	0,989104	0,988816	0,974562	0,991145	0,989106	0,991164
5	sigma	0,997843	0,997443	0,996085	0,991770	0,995118	0,998415	0,998387
6	mediana	0,995637	0,995740	0,994578	0,989103	0,993238	0,996604	0,996163

Tabela III: Resultados da métrica objetiva PWSSIM.

Numeração	Filtros	Beauty	Bosphorus	HoneyBee	Jockey	ReadySetGo	ShakeNDry	YachtRide
1	linear	0,999252	0,999988	0,999613	0,999466	0,999533	0,999860	0,999932
2	cubic	0,999021	0,999978	0,999535	0,999406	0,999496	0,999780	0,999907
3	lanczos4	0,998823	0,999970	0,999462	0,999346	0,999466	0,999709	0,999894
4	nearest	0,997525	0,999862	0,998995	0,998984	0,999021	0,999240	0,999628
5	sigma	0,999126	0,999977	0,999531	0,999386	0,999473	0,999773	0,999919
6	mediana	0,997795	0,999878	0,999012	0,998932	0,998909	0,999192	0,999653

- [25] P. ITU-T RECOMMENDATION, "Subjective video quality assessment methods for multimedia applications," 1999.
- [26] J. V. de Miranda Cardoso, C. D. M. Regis, and M. S. de Alencar, "Towards the standardization of stereoscopic video quality assessment: An application for objective algorithms," *Journal of ICT*, vol. 2, pp. 247–268.