



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade de Tecnologia – FT
Departamento de Engenharia Elétrica – ENE



COMPRESSÃO DE SINAIS DE ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE USANDO H.264/AVC

Marcus Vinícius Chaffim Costa¹,
Alexandre Zaghetto², Pedro de Azevedo Berger³,
João Luiz Azevedo de Carvalho⁴, Adson Ferreira da Rocha⁵,
Francisco Assis de Oliveira Nascimento⁶

^{1,2,4,5,6} Grupo de Processamento Digital de Sinais (GPDS), Departamento de Engenharia Elétrica (ENE), Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil

³ Departamento de Ciência da Computação (CIC), Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil

chaffim@unb.br



GPDS

GRUPO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS



UnB



RESUMO

COMPRESSÃO DE SINAIS DE ELETROMIOGRAFIA
DE SUPERFÍCIE USANDO H.264/AVC

chaffim@unb.br

01/16

- Algoritmo de **compressão de sinais de EMG** baseado no sistema de codificação H.264/AVC em modo *intra*:

*Concebido para seqüências de **vídeo**, o H.264/AVC operando sobre uma única imagem é capaz de comprimir tanto EMG isotônico quanto isométrico.*

- Os resultados de compressão foram comparados a métodos baseados em **transformada de wavelets**.



UnB



INTRODUÇÃO

- EMG: importante para o estudo do comportamento dos **músculos**.
- **Quantidade de dados** cresce com: taxa de amostragem, precisão por amostra, números de canais, quantidade de sujeitos.
- **Poucos métodos propostos** para compressão de sinais de EMG comparado a outros sinais biomédicos.
- **Técnicas já utilizadas** por outros pesquisadores: ADPCM, predição linear, transformadas ortogonais, codificadores de voz (ACELP).



UnB



INTRODUÇÃO

- Métodos baseados na transformada de *wavelets* apresentam **melhor desempenho**.
- Métodos de referência (transformada de *wavelets*):
Norris *et al.* - EZW (*Embedded Zero-Tree Wavelet*)
Berger *et al.* - Alocação dinâmica de bits (Kohonen)
- **H.264/AVC nunca** havia sido aplicado à compressão de EMG.
- Método avaliado **quantitativamente** e comparado aos métodos de referência.



UnB



METODOLOGIA

Compressão de sinais de EMG usando H.264/AVC:

- **Segmentar** o EMG em janelas de 512 amostras e dispor como colunas de uma matriz bidimensional.
- Número de colunas: definido pelo número de segmentos **completos** de 512 amostras.
- O último segmento (*incompleto*): representa período pós-exercício e é simplesmente **descartado**.
- Cada coluna da matriz 2D é escalonada para a faixa dinâmica de **8 bits** (0 a 255).
- A matriz resultante é comprimida usando H.264/AVC em modo *intra*.

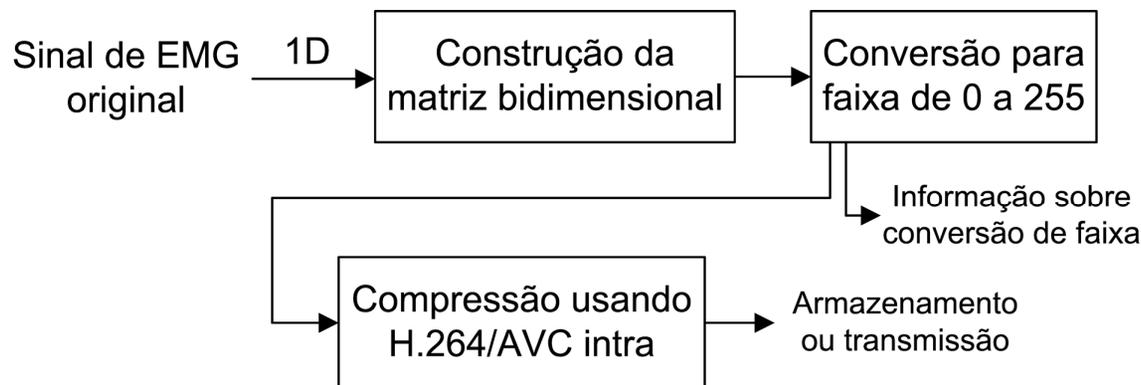


UnB



GPDS

METODOLOGIA

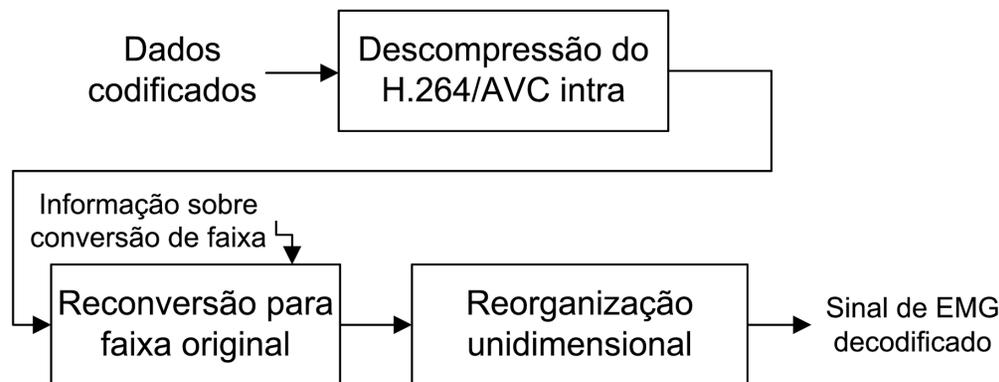


a) Codificador

- Parâmetro de **quantização** da DCT variou de 1 a 50.
- Informação lateral: sem codificação de entropia.

Decodificação:

processos inversos...



b) Decodificador



UnB



METODOLOGIA

Modo intra do H.264/AVC:

- Codificar apenas um único quadro de vídeo: codificador de imagens estáticas.
- Predição **intra**: reduz redundância espacial: correlação espacial entre macroblocos (blocos de 16x16 *pixels*) adjacentes.
- Capaz de **superar** outros padrões considerados o estado-da-arte em compressão de imagens, como o JPEG2000.
- O H.264/AVC também possui Codificação Aritmética Binária Adaptativa Baseada em Contexto: possibilita uma **melhor codificação de entropia**.



UnB



METODOLOGIA

Protocolos de aquisição dos sinais de EMG:

- *Contrações isométricas*: 4 voluntários masculinos, $28,3 \pm 9,5$ anos de idade, $1,75 \pm 0,04$ m de altura e $70,5 \pm 6,6$ kg de peso. **Bíceps braquial** a 60% da MCV (ângulo de 90° braço/antebraço; sujeito de pé). Protocolo foi repetido 5 vezes com cada voluntário.
- *Contrações isotônicas* (ciclismo): 6 homens, 3 mulheres, $24,4 \pm 4,3$ anos de idade. Todos com IMC normal. **Vasto medial e vasto lateral**. Exercício realizado usando 70% da potência máxima e 70% da velocidade máxima, até a exaustão. Ao todo, 18 sinais de EMG isotônicos adquiridos (9 voluntários, 2 eletrodos).



UnB



METODOLOGIA

Aquisição e processamento dos sinais:

- Eletromiógrafo comercial (Delsys, Bagnoli-2[®]).
- Eletrodos **ativos**: pré-amplificação de 10 V/V e banda passante de 20 Hz a 450 Hz.
- Sinais amplificados com ganho total de 1000 V/V e amostrados a **2 kHz** usando um conversor A/D de 12 bits (*National Instruments*).
- Software LabView[®] (*National Instruments*) foi usado para a **aquisição** dos sinais.
- Software Matlab[®] 6.5 (Mathworks, Inc) usado para o **processamento** dos sinais.



UnB



RESULTADOS

Critérios de desempenho do algoritmo:

- Qualidade avaliada comparando o sinal reconstruído com o sinal original: **critérios objetivos**.
- Mais usados para avaliar EMG: Fator de Compressão (**FC**) e Raiz quadrada da Diferença média quadrática Percentual (**RDP**).

$$FC(\%) = \frac{Os - Cs}{Os} \cdot 100$$

Os : bits do sinal original;

Cs : bits dos dados codificados

+ informação lateral.

$$RDP(\%) = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{N-1} (x[n] - \hat{x}[n])^2}{\sum_{n=0}^{N-1} x^2[n]}} \cdot 100$$

$x[n]$: sinal original;

$\hat{x}[n]$: sinal reconstruído;

N : número de amostras.

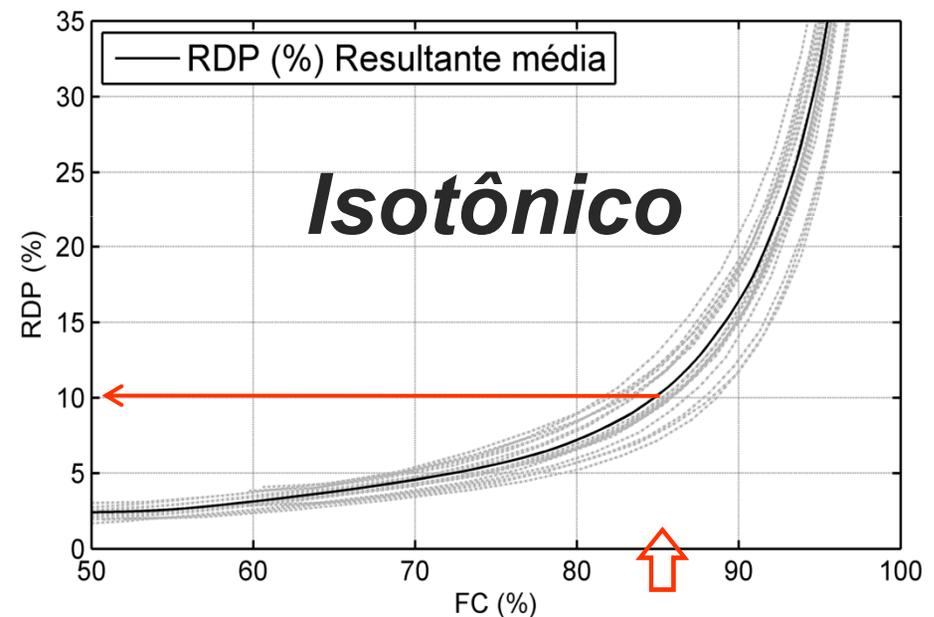
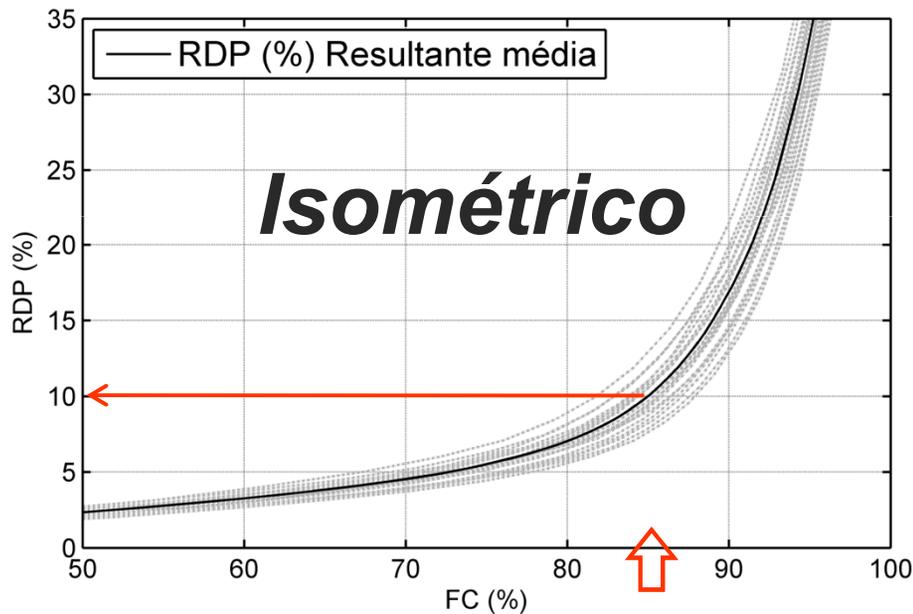


UnB



RESULTADOS

RDP medidas em função do FC, para todos os sinais, e resultados médios (linha contínua).



- Qualidade diminui quando FC aumenta.
- FC maior que **85%** causa deterioração significativa do sinal decodificado.



UnB



GPDS

RESULTADOS

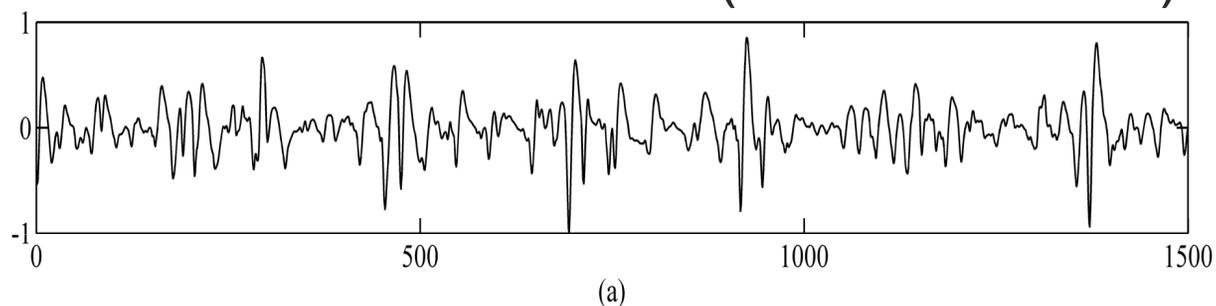
Resultados de compressão representativos

- Qualidade visual do sinal decodificado (1500 amostras)

Sinal de EMG original

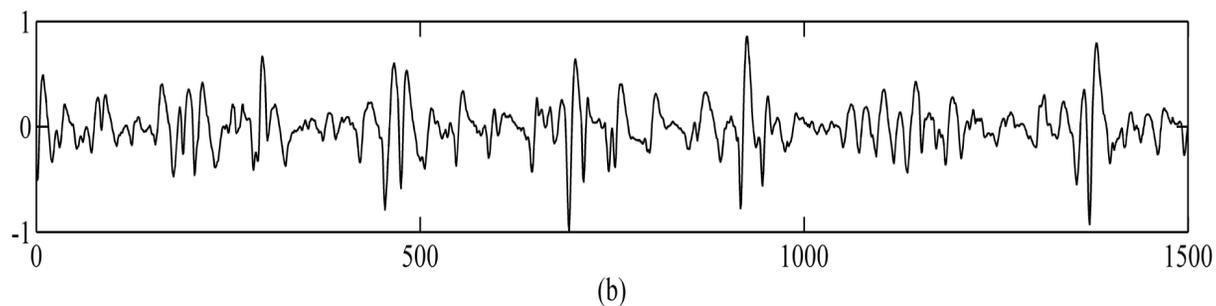
(contração

isométrica)



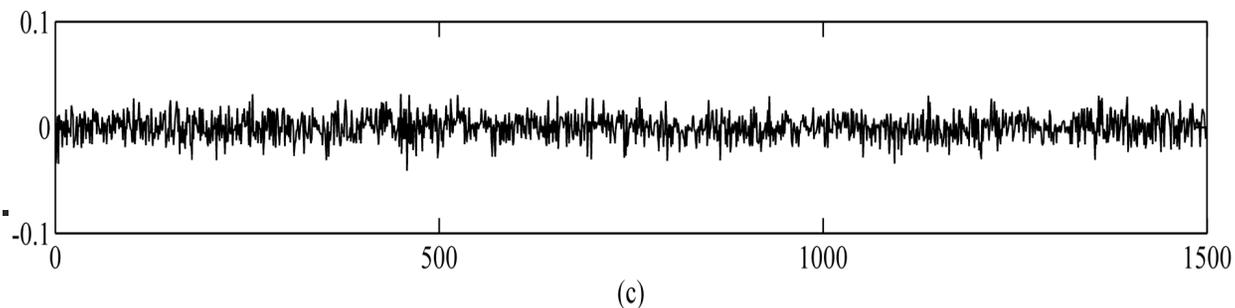
Sinal reconstruído

(FC: 75,79%; RDP: 5,32%)



Erro de reconstrução

(ampliado em **10 vezes**).





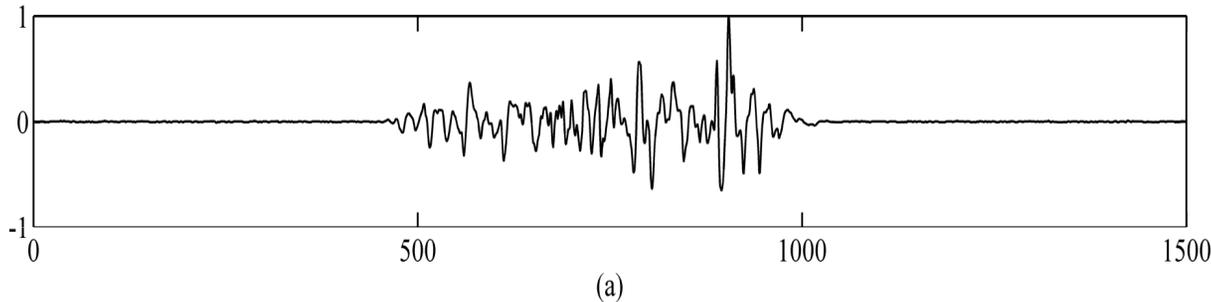
UnB



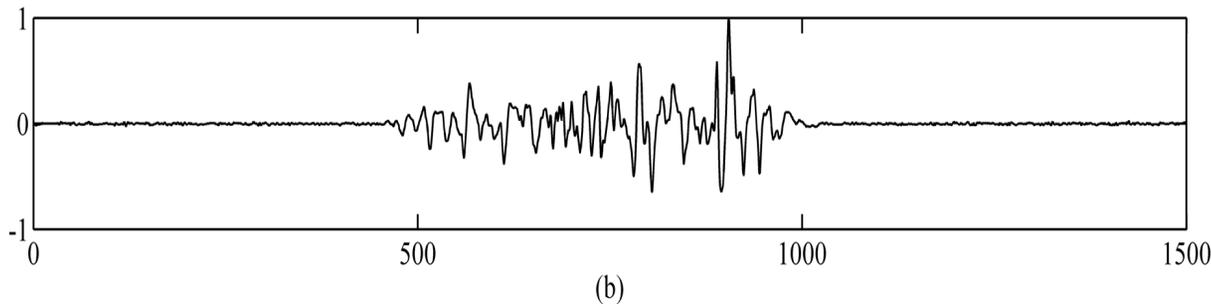
RESULTADOS

Resultados de compressão representativos

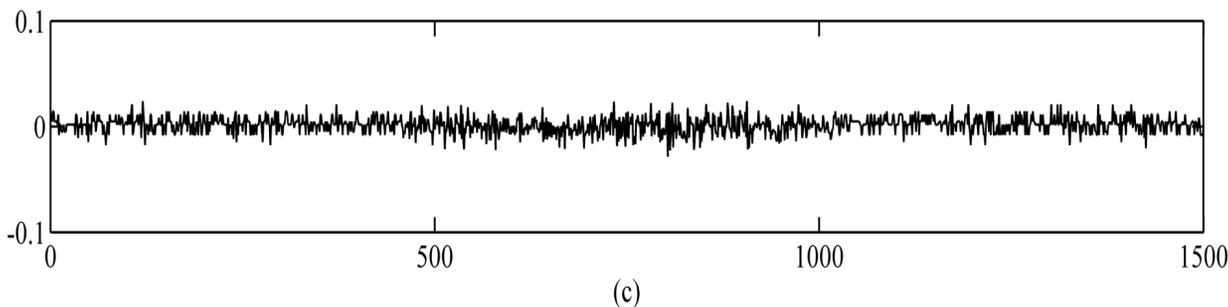
- Qualidade visual do sinal decodificado (1500 amostras)



Sinal de EMG **original**
(contração
isotônica)



Sinal **reconstruído**
(FC: 75,11%; RDP: 6,29%)



Erro de reconstrução
(ampliado em **10 vezes**).



UnB



GPDS

DISCUSSÃO

Sinais de EMG de contrações *isométricas*

- Comparação: Norris *et al.* [10] e Berger *et al.* [11].

FC (%)	Norris <i>et al.</i> – RDP (%)	Berger <i>et al.</i> – RDP (%)	H.264/AVC intra – RDP (%)
75	3,8	2,5	5,51
80	5	3,3	7,03
85	7,8	6,5	10,01
90	13	13	16,88

- Comparado aos métodos de compressão em [10] e em [11], o H.264/AVC apresentou desempenho geral moderadamente **inferior**, uma vez que, para a faixa de FC entre 75% e 90%, a RDP conseguida usando o H264/AVC foi sempre maior.



UnB



DISCUSSÃO

Sinais de EMG de contrações *isotônicas*

- Comparação: Norris *et al.* [10] e Berger *et al.* [11].

FC (%)	Norris <i>et al.</i> – RDP (%)	Berger <i>et al.</i> – RDP (%)	H.264/AVC intra – RDP (%)
75	7,85	2,6	5,59
80	9	4,4	7,21
85	9,5	7,25	10,17
90	20	20	16,39

- Os resultados obtidos com o H.264/AVC são **significativamente melhores** (RDP% menores) que os obtidos por Norris *et al.* [10] para a faixa de FC entre 75 e 80%.
- Comparado ao algoritmo proposto por Berger *et al.*, que usa **alocação dinâmica de bits**, o H.264/AVC oferece resultados melhores apenas para fatores de compressão iguais ou acima de 90%.



UnB



GPDS

DISCUSSÃO

- Norris *et al.* [10] e Berger *et al.* [11] usaram protocolos muito parecidos com os deste trabalho:
EMG de **superfície**, resolução de **12 bits** por amostra e taxa de amostragem de **2 kHz**.
- Sinais *isométricos*: músculo **bíceps braquial** nos três trabalhos. Sinais *isotônicos* em [10] e [11] adquiridos apenas no músculo **vasto lateral**. Usamos sinais tanto do **vasto lateral** quanto do **vasto medial**. *Assim, deve-se ter **cuidado** ao comparar os resultados.*
- **Protocolo de aquisição** em Norris *et al.* não foi descrito. Caso o **nível de contração** tenha sido diferente do usado neste trabalho, pode-se ter um conjunto de sinais de características bastante distintas.



UnB



CONCLUSÕES

- Metodologia para compressão de EMG baseada em algoritmo de compressão de **vídeo operando sobre uma única imagem**: H.264/AVC em modo intra.
- Esquema avaliado em 19 sinais isométricos e 18 sinais isotônicos. Resultados: FC de 75 a 90%, com RDP entre **5,51 e 16,88%** para sinais *isométricos*, e entre **5,59 e 16,39%** para sinais *isotônicos*.
- Mostrou-se que o H.264/AVC **pode** ser usado na compressão de EMG com desempenho **compatível** ao de algoritmos propostos na literatura.