

# **CONIC·SEMESP** **13º Congresso Nacional de Iniciação Científica**

Anais do Conic-Semesp. Volume 1, 2013 - Faculdade Anhanguera de Campinas - Unidade 3. ISSN 2357-8904

**TÍTULO:** ESTUDO DE MELHORIAS EM TÉCNICAS BASEADAS NA TRANSFORMADA DE WALSH-HADAMARD PARA REDUÇÃO DA PAPR EM SINAIS OFDM

**CATEGORIA:** EM ANDAMENTO

**ÁREA:** ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS

**SUBÁREA:** ENGENHARIAS

**INSTITUIÇÃO:** INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

**AUTOR(ES):** TÚLIO SANTOS DO AMARAL

**ORIENTADOR(ES):** GUILHERME PEDRO AQUINO

Realização:



Apoio:



## 1. RESUMO

Este trabalho avalia o desempenho do SLM-WHT-OFDM em canais seletivos em frequência. Esta técnica apresenta bons resultados com relação a redução da PAPR, desempenho em canais não-lineares e seletivos em frequência.

## 2. INTRODUÇÃO

O uso da técnica de Multiplexação por Divisão em Frequências Ortogonais (OFDM – *Orthogonal Frequency Division Multiplex*) tem sido amplamente empregado em sistemas de comunicações digital. Tecnologias como ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) e LTE (*Long Term Evolution*) fazem uso do OFDM. A vantagem do OFDM está em sua eficiência espectral e robustez frente aos efeitos negativos provocados por canais com desvanecimento seletivo em frequência [1]. Porém, como desvantagem, o sinal OFDM apresenta valores de pico que podem ser muito maiores que a amplitude média do sinal, caracterizando assim, uma alta relação entre a potência de pico e a potência média do sinal (PAPR – *Peak to Average Power Ratio*) [2]. Os picos do sinal OFDM podem levar o amplificador de potência à saturação, introduzindo interferência tanto dentro quanto fora da banda do sinal. A interferência dentro da banda causa a ICI (*Intra Carrier Interference*) e, conseqüentemente, aumenta a taxa de erro de *bit* (BER – *Bit Error Rate*) do sistema. Por este problema, esta desvantagem é foco de diversos estudos recentes sobre técnicas que visam reduzir a alta PAPR dos sinais OFDM.

## 3. OBJETIVOS

Em [3] os autores apresentaram uma nova técnica denominada SLM-WHT. Neste artigo os autores não exploraram os benefícios do SLM-WHT em um canal seletivo em frequência. Portanto, este projeto de iniciação científica tem o objetivo de analisar o desempenho, em termos de BER, da nova técnica quando o canal for seletivo em frequência e/ou variante no tempo. Além disso, levantar a função densidade de probabilidade do erro de modulação provocado pelo ceifamento de pico. Esta função poderá ser usada, em um estudo futuro, para desenvolver uma equação analítica que descreverá o comportamento do patamar de erro de bit do sistema.

## 4. METODOLOGIA

A pesquisa foi feita com base em simulações computacionais utilizando o MatLab. Os canais seletivos utilizados são baseados nos modelos Brazil da ITU.

## 5. DESENVOLVIMENTO

Dentre as técnicas existentes para redução da PAPR [2], merece destaque a técnica que faz uso da transformada de Walsh-Hadamard, chamada WHT-OFDM [4].

Sendo uma sequência de dados na saída de um modulador  $M$ -QAM,  $\mathbf{C}^T = [c_0, c_1, c_2, \dots, c_{N-1}]$ , a transformada de Walsh-Hadamard é dada por

$$\mathbf{S} = \frac{1}{\sqrt{N}} \mathbf{\Omega}_N \mathbf{C}, \quad (1)$$

onde,  $\mathbf{\Omega}_N$  é a matriz de Walsh-Hadamard,  $N$  é o número de subportadoras do OFDM.

A WHT, além de reduzir a PAPR, amplia a robustez do sistema frente a canais com seletividade em frequência [4]. Estas afirmativas podem ser vistas nas Figuras 2(a) e 2(b), respectivamente. Apesar de ter a PAPR reduzida, um símbolo WHT-OFDM ainda poderá apresentar um pico elevado. Quando este pico for ceifado, o erro em uma componente do sinal irá se espalhar por todos os símbolos  $M$ -QAM que compõem o sinal WHT-OFDM. Portanto, em canal não-linear é de se esperar um pior desempenho do WHT-OFDM em comparação com o OFDM convencional. A Figura 2(c) comprova esta afirmação. Para viabilizar a utilização do WHT-OFDM em canal não-linear, preservando as qualidades da WHT em canais seletivos, foi apresentada uma alternativa em [3]. Neste artigo, foi introduzido um esquema denominado SLM-WHT-OFDM, e seu esquema de transmissão e recepção estão mostrados na Figura 1(a) e 1(b).

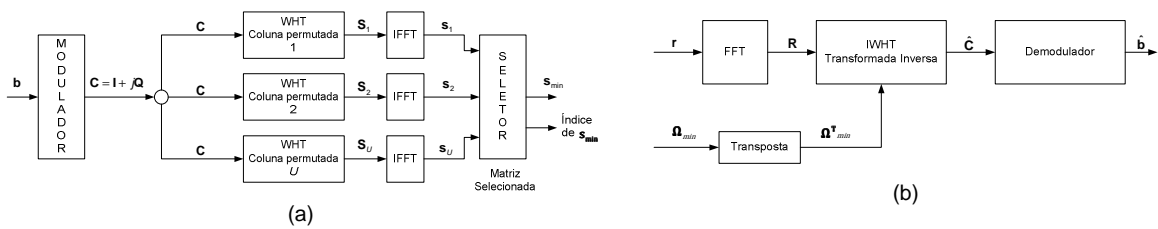


Figura 1 – Diagrama em blocos do SLM-WHT, (a) Transmissor e (b) Receptor.

A informação binária  $\mathbf{b}$  é modulada em  $M$ -QAM para gerar o símbolo serial  $\mathbf{C}$ . Logo, é aplicada  $U$  transformadas de Walsh-Hadamard com  $U$  matrizes diferentes. Para criar as matrizes diferentes é necessário fazer a permutação das colunas dessas matrizes. Assim são gerados  $U$  sinais estatisticamente diferentes, porém, contendo a mesma informação, denominados de  $\mathbf{S}_n$ . Um seletor é responsável por selecionar o símbolo com menor PAPR,  $\mathbf{s}_{\min}$ . A matriz que gerou o sinal com menor PAPR deve ser conhecida pelo receptor. Portanto, esta informação explícita é transmitida em subportadoras adicionais. No receptor, é aplicada a FFT no sinal recebido  $\mathbf{r}$ , resultando no sinal  $\mathbf{R}$ , que corresponde a uma versão distorcida e corrompida do sinal transmitido. A transformada Inversa de Walsh-Hadamard é aplicada utilizando a matriz transposta da utilizada na transmissão. Dessa forma tem-se o símbolo serial estimado  $\hat{\mathbf{C}}$  e, depois, a estimativa dos *bits* transmitidos  $\hat{\mathbf{b}}$ .

## 6. RESULTADOS PRELIMINARES

A nova técnica apresenta uma maior redução da PAPR, se comparada com a técnica WHT-OFDM, e conseqüentemente, diminui a ocorrência de erros. Com a utilização das  $U$  matrizes permutadas, ocorre uma ponderação diferente na soma dos senos e cossenos que formam o sinal OFDM. Como pode ser visto na Figura

2(d), quanto maior for o número de  $U$ , maior é a probabilidade de se obter um símbolo OFDM com baixa PAPR, o que melhora o desempenho da técnica em termos de BER. Também, como a nova técnica utiliza a matriz de Walsh-Hadamard, a informação é distribuída por todas as subportadoras, mantendo assim o benefício de desempenho em canais seletivos em frequência. A Figuras 2(d) comprova isso.

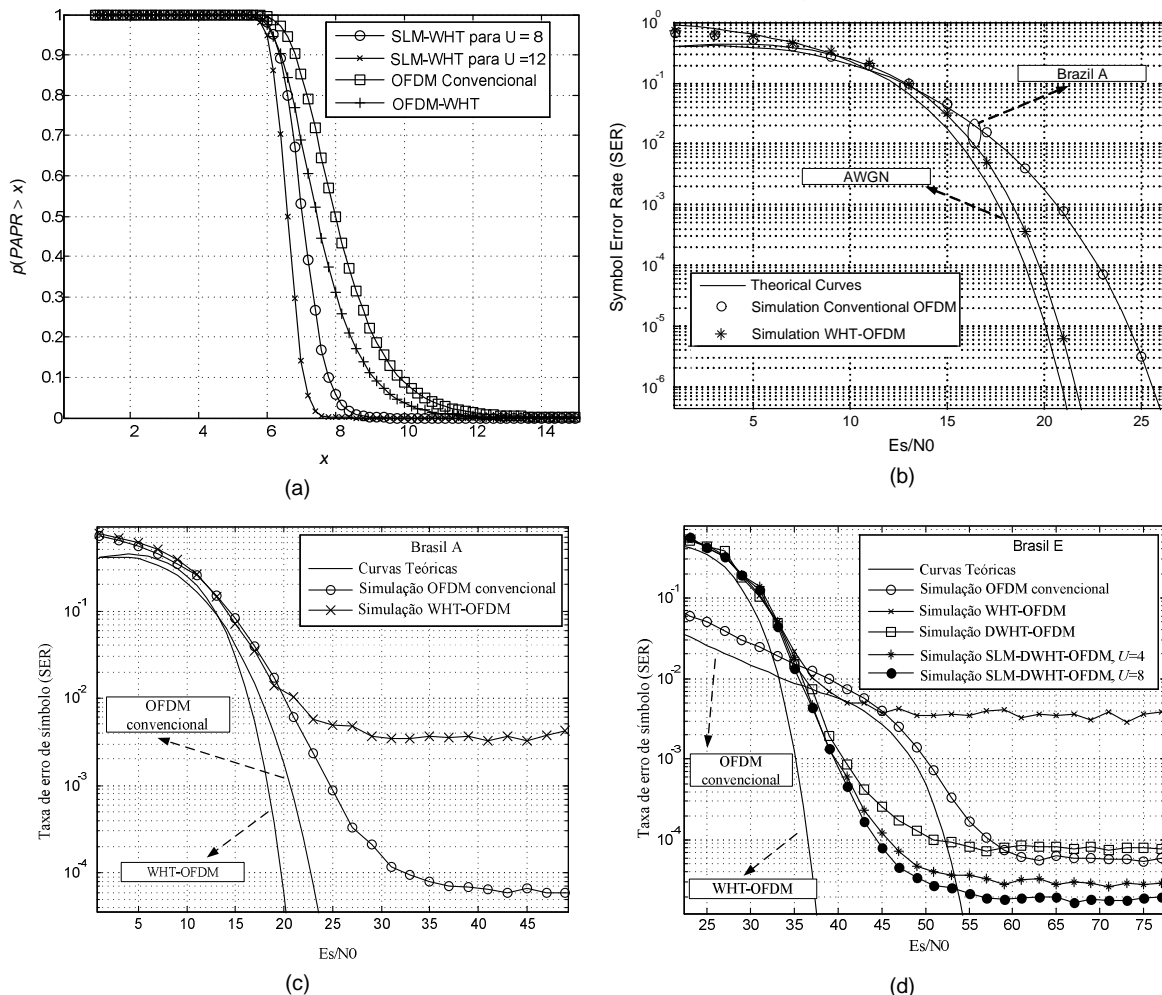


Figura 2 – Desempenhos das técnicas WHT-OFDM e SLM-WHT-OFDM.

## 7. FONTES CONSULTADAS

- [1] A. Bahai, *Multi-carrier digital communications: theory and applications of OFDM*, 2nd ed. New York,: Springer, 2004.
- [2] G. P. Aquino, “Comparação entre técnicas de redução da PAPR em sinais OFDM,” Dissertação de mestrado, Engenharia Elétrica, Inatel, Santa Rita do Sapucaí, Brasil, 2011.
- [3] G. P. Aquino, L. Mendes, and L. Resende, “Melhoria da técnica de redução da PAPR baseada na transformada de Walsh-Hadamard (WHT-OFDM)”, in *Anais do SBrT 2012*, Brasília, Brasil, 2012.
- [4] L. Mendes and R. Baldini Filho, “Performance of WH-STC-OFDM in Mobile Frequency Selective Channel”, in *Proceedings of the ITS 2010*, Manaus, AM, Brazil, 2010.