

# Investigações sobre Aplicações de OFDM em Tecnologias ADSL, HDTV e em Esquemas CDMA.

---

**Aluno:** *Tiago Henrique Falk*

**Orientador:** Hélio Magalhães de Oliveira

**Apoio:** CNPq - PIBIC/Propesq

**Vigência:** Agosto 2000 - Julho 2001

tiagofalk@go.com

# ROTEIRO DA APRESENTAÇÃO:

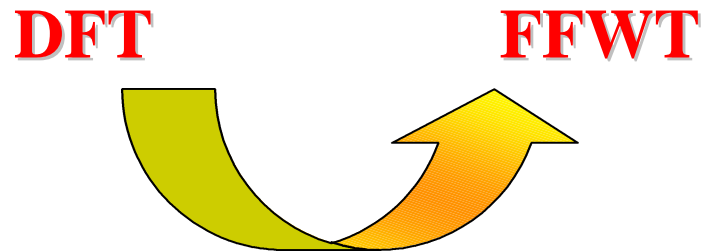
---

- Motivação e Introdução
- FDM × OFDM
- ADSL e HDTV
- Wavelets: Contínua, Discreta e sobre Corpos Finitos
- Aplicações em ×DSL, HDTV e Esquemas CDMA
  - Dificuldades
  - Conclusões
- Resultados (Atividades Paralelas)

# MOTIVAÇÃO E INTRODUÇÃO:

---

- Propor novos sistemas semelhantes ao de múltipla portadora OFDM:



- Disseminação da Internet banda larga
- Demanda por taxas de transmissão cada vez mais elevadas

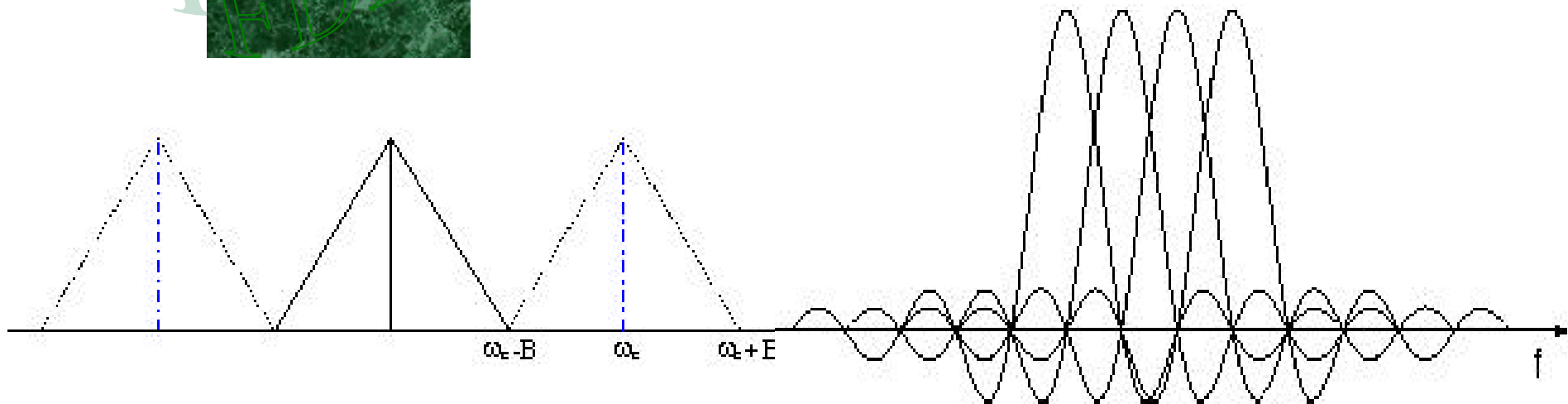
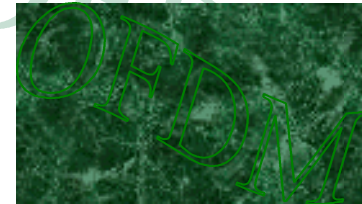
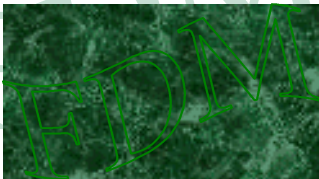
Checar a potencial aplicabilidade em:

- HDTV, Esquemas CDM / CDMA e em MODEMs xDSL

# FDM × OFDM:

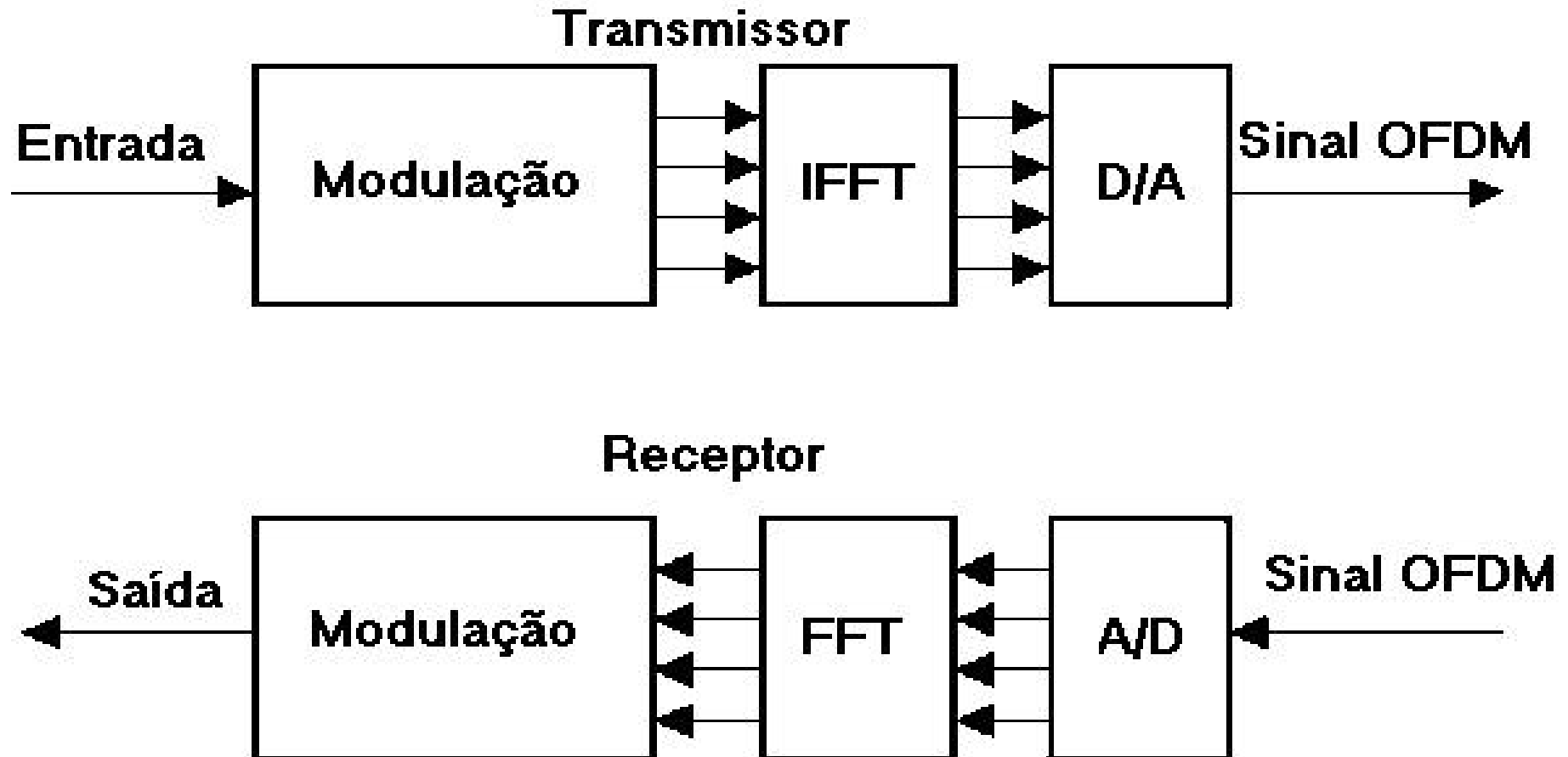
FDM → Multiplexação por divisão na frequência

OFDM → Multiplexação Ortogonal por Divisão na frequência



# SISTEMAS OFDM:

---

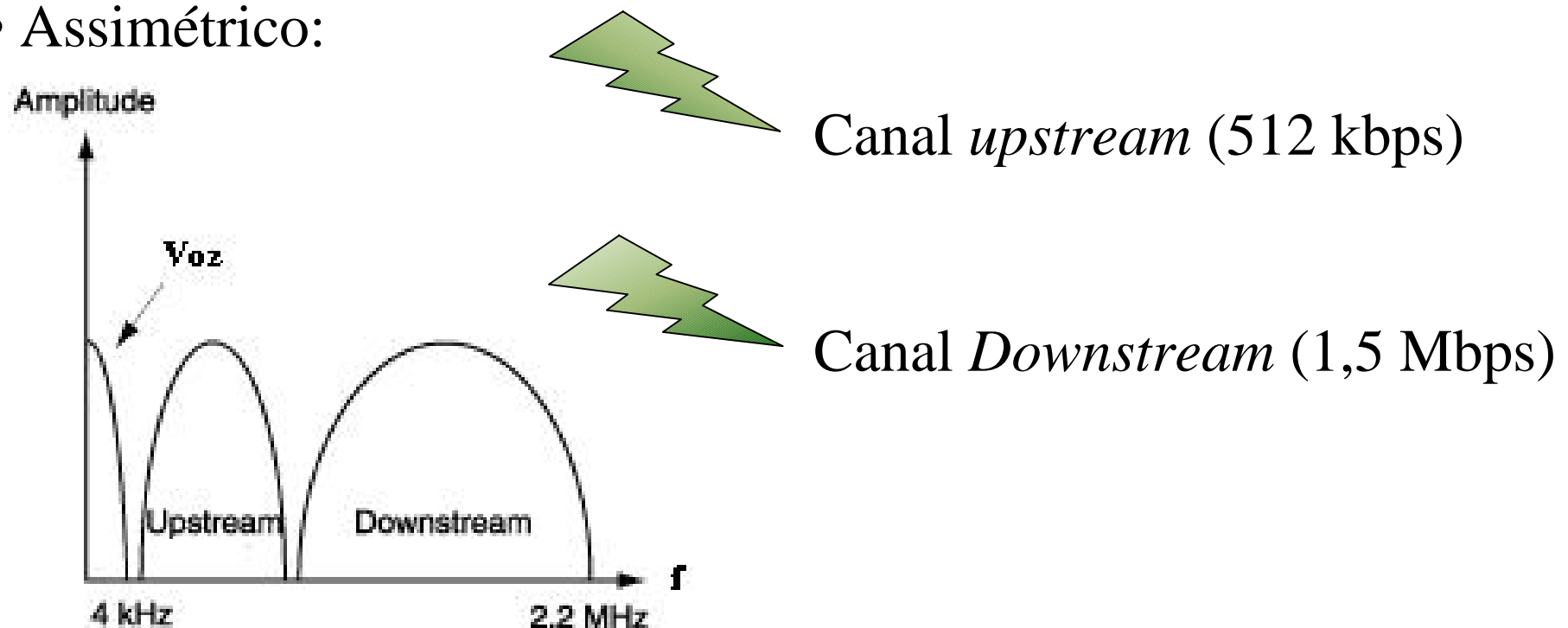


# ADSL

ADSL  Linha de Assinante Digital Assimétrica

- Converte linhas telefônicas convencionais em vias para acesso multimídia de alta velocidade dividindo o canal em diversos sub-canais utilizando o sistema OFDM.

- Assimétrico:



# HDTV

---

HDTV  Televisão Digital de Alta Definição

- Ainda em fase de testes no Brasil
- Televisão Interativa / Web TV
- Utiliza o modulação COFDM:
  - dados sofrem um acréscimo de bits de informação



**Códigos Corretores de Erro**

# WAVELETS:

---

As wavelets contínuas e discretas são dadas por:

$$y_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} y\left(\frac{x-b}{a}\right)$$

Contínuo

Discreto

$$y_{j,k}(x) = \sqrt{2^j} y(2^j x - k)$$

## DEFININDO FFWTs:

Seja  $D(N)$  um conjunto dos divisores de  $N$ .

$$\underline{y}_{-1,0} = (y_{1,0}(0), y_{1,0}(1), y_{1,0}(2), \dots, y_{1,0}(N-1))$$



# PROPRIEDADES DE WAVELETS:

---

1) Escalonamento:

$$\mathbf{y}_{j,0}(i) = \mathbf{y}_{1,0}(ji \pmod{p}), \quad j \in D(N)$$

2) Translações e/ou Escalonamentos:

$$\mathbf{y}_{j,k}(i) = \mathbf{y}_{j,0}\left[\left(i + \frac{Nk}{j}\right) \pmod{N}\right], \quad \forall k \in \mathbb{Z}.$$

3) Transformada WT em Corpo Finito de um sinal  $v$  (FFWT):

$$FFWT(j,k) \equiv \sum_{i=0}^{N-1} v_i \mathbf{y}_{j,k}(i) \pmod{p}$$

# A DECOMPOSIÇÃO DE HAAR EM CORPOS FINITOS

Seja  $p \equiv \pm 1 \pmod{8}$  e  $N$  é uma potência de 2.

$$y_{1,0}(i) := \begin{cases} 1 & \text{se } 0 \leq \frac{i}{N} < \frac{1}{2} \\ p-1 & \text{se } \frac{1}{2} \leq \frac{i}{N} < 1 \\ 0 & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

Processo de Normalização:

$$FFWT(j, k) = \frac{1}{\sqrt{\binom{N}{j} \pmod{p}}} \sum_{i=0}^{N-1} v_i y_{j,k}(i)$$

# EXEMPLO

Teremos então para  $p = 7$ : **WAVELETS SOBRE GF(7)**

H  
a  
a  
r



(1 1 1 1 1 1 1 1)  
 (1 1 1 1 6 6 6 6)  
 (1 1 6 6 0 0 0 0)  
 (0 0 0 0 1 1 6 6)  
 (1 6 0 0 0 0 0 0)  
 (0 0 1 6 0 0 0 0)  
 (0 0 0 0 1 6 0 0)  
 (0 0 0 0 0 0 1 6)

$\underline{y}_{0,0} = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)$   
 $\underline{y}_{-1,0} = (6, 6, 6, 6, 1, 1, 1, 1)$   
 $\underline{y}_{-2,0} = (4, 4, 3, 3, 0, 0, 0, 0)$   
 $\underline{y}_{-2,1} = (0, 0, 0, 0, 4, 4, 3, 3)$   
 $\underline{y}_{-4,0} = (5, 2, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$   
 $\underline{y}_{-4,1} = (0, 0, 5, 2, 0, 0, 0, 0)$   
 $\underline{y}_{-4,2} = (0, 0, 0, 0, 5, 2, 0, 0)$   
 $\underline{y}_{-4,3} = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 5, 2).$



N  
o  
r  
m  
a  
l  
i  
z  
a  
d  
a

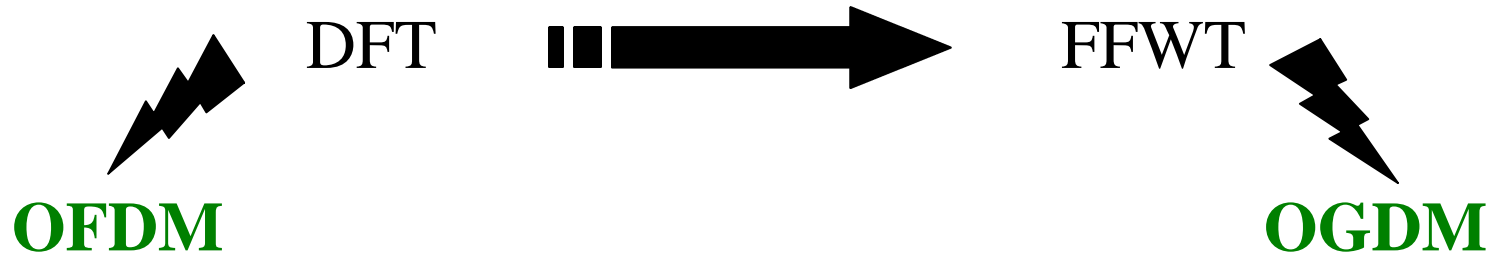
$$\sum_{i=0}^{N-1} \mathbf{y}_{j,k}^2(i) \equiv 1 \pmod{p}$$

$$\sum_{i=0}^{N-1} \mathbf{y}_{j,k}(i) \mathbf{y}_{j',k'}(i) \equiv 0 \pmod{p}$$

$$\sum_{i=0}^{N-1} \mathbf{y}_{j,k}(i) \equiv 0 \pmod{p}$$

# APLICAÇÕES

---



## ADSL

Substituição da modulação OFDM pela OGDM

## HDTV

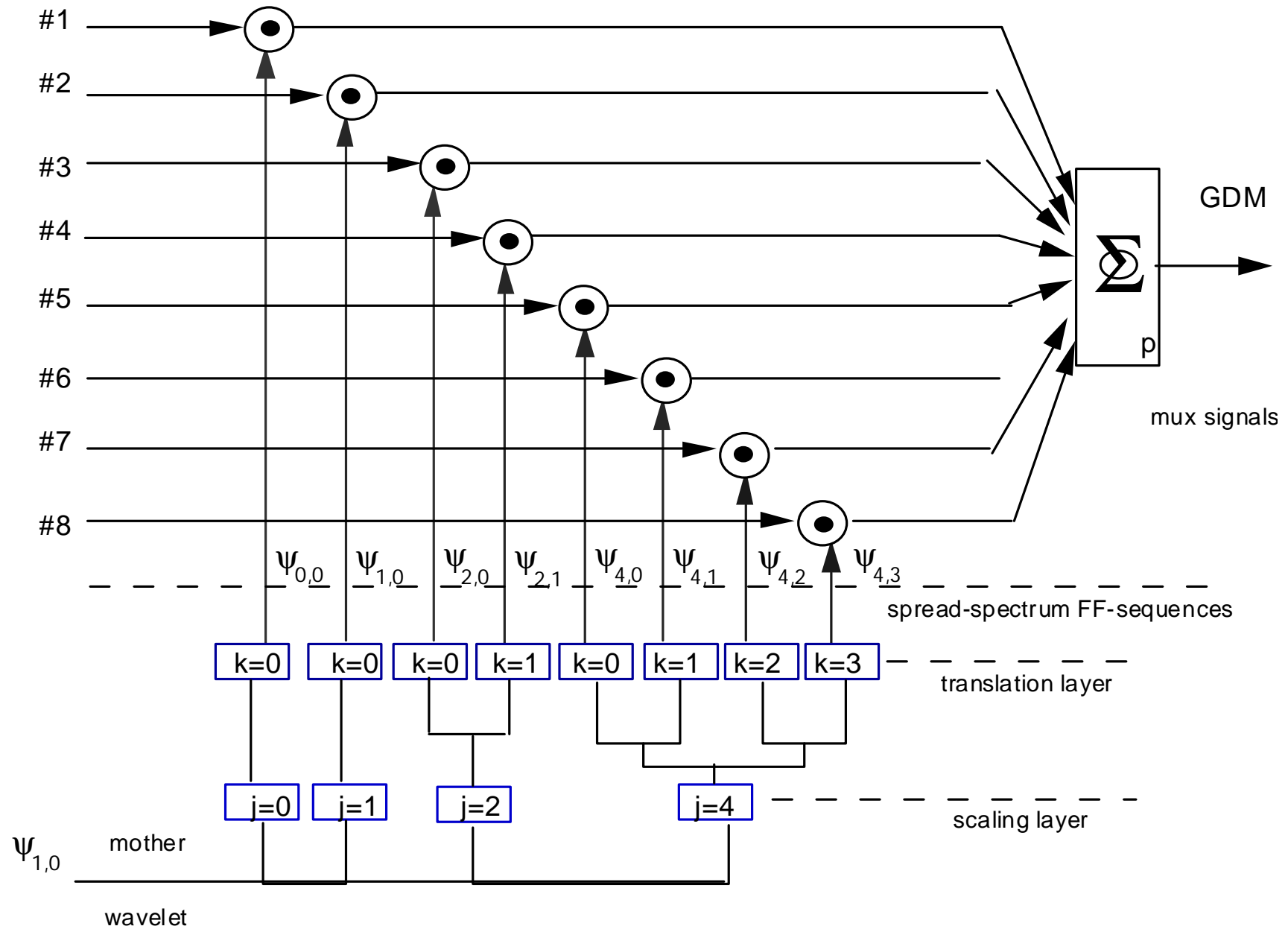
Substituição da modulação COFDM pela COGDM

## CDM/CDMA

Seqüências ortogonais usadas como seqüências de espalhamento espectral

# ESQUEMA CDM COM FFWTs

Channel #



# DIFICULDADES ENCONTRADAS

---

## Dificuldades:

1. Simulações → requer sistemas digitais binários

## Solução:

Transcodificação de alfabetos \*

Corpo Finito  Binário

2. Simuladores → FALTAM!!!

\* *Multiplexação Digital e Acesso Múltiplo Baseados em Transformadas de Corpo Finito,*

# CONCLUSÕES:

---

## OGDM / ADSL / HDTV:

 Mais eficiente → Transformada “Totalmente” Digital  
(espectralmente)

## GDM / GDMA:

- Interferência nula entre usuários
- Controle de sincronismo (*mux / demux*) mais eficiente

# RESULTADOS

---

## Trabalhos Apresentados:

- *Decomposição de Haar em Corpos Finitos*  
*VIII Congresso de Iniciação Científica, Recife,*  
*Outubro 2000.*
- 2. *On Wavelet Decomposition Over Finite Fields*  
*19º Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, Fortaleza,*  
*03-06 de Setembro 2001.*  
{Trabalho premiado entre 250 trabalhos apresentados}
- **Artigo convidado para a Revista da Sociedade Bras. de Telecomunicações, Número especial em Julho 2002.**