

**Título:** Otimização de Sistemas de Comunicação Óptica Multicanal (WDM) de Alta Densidade.

**Title:** *Optimization of Dense Multi-wavelength Optical Communication Systems (WDM)*

**Autor/Author:** Antônio Luís Jesus Teixeira

**Orientador/Advisor:** José R. Ferreira da Rocha

**Data Apresentação/Acceptance Date:** 13/07/99

**Palavras Chave:** Multiplexagem no comprimento de onda, Solitões, Transmissão suportada por dispersão, majorantes de Chernoff.

**Key Words:** *WDM (Wavelength Division Multiplexing), Solitons, DST (Dispersion Supported Transmission), Chernoff Bounds*

**Doutoramento/Ph.D.**

### Resumo

Neste trabalho são abordadas duas linhas de investigação: a propagação "linear", tipicamente NRZ e a propagação não linear, esta tipicamente RZ. Embora distintas e muitas vezes tomadas como um dilema, quando na decisão do tipo de implementação, nos meios académicos e empresariais, começam a aliar-se nos seus benefícios e técnicas para gerar tipicamente sistemas mais robustos. São disso exemplo os solitões com compensação forte da dispersão, e a transmissão NRZ em alta potência por forma a explorar as vantagens da não linearidade na fibra. No âmbito global, e a ligar os dois temas, esteve sempre a optimização de sistemas monocanal e multicanal (WDM) recorrendo a uma e outra técnica.

A propagação linear foi baseada no método de transmissão suportada por dispersão (DST) em modo binário e quaternário, e em estrutura mono e multicanal. Dadas as características desta metodologia, a caracterização dos diversos parâmetros teve especial destaque, sendo observados com profundidade os diversos efeitos e suas implicações e gamas de evidência. O laser e o equalizador, foram alvo de optimização criteriosa e aprofundada, com base em trabalho analítico e de simulação. A optimização de diversos parâmetros de sistemas deste tipo foi feita por forma a obter sistemas multicanal optimizados para este formato de modulação. Para o caso binário foi obtida uma densidade espectral de 0.43bit/s/Hz e para o quaternário 0.86bit/s/Hz sendo estes ainda passíveis de optimização.

O estudo dos sistemas não lineares conduziu à determinação de processos analíticos de previsão da posição dos impulsos, devido à exigência computacional que a simulação de impulsos deste tipo exigem, mesmo em configuração monocanal. O estudo da interacção de impulsos sob a acção de um desvio de frequência foi efectuado resultando uma metodologia de diminuição desta limitação funcional e aplicável a sistemas práticos dada a sua simplicidade. Foi ainda feito o estudo de diversos mecanismos de controlo da interacção dos impulsos. Para este tipo de impulsos não lineares foi ainda estudado o método de compensação forte da dispersão e as suas propriedades. Um método foi sugerido para

minimizar alguns dos efeitos colaterais que podem aparecer neste tipo de sistemas.

No final foi desenvolvida uma metodologia de caracterização de sistemas de comunicações ópticas com elevado grau de precisão e integração dos diversos processos que afectam os sistemas de comunicação óptica monocanal e multicanal, baseando o raciocínio nos majorantes de Chernoff.

### Abstract

In this work, two main ideas were observed: The linear propagation, typically NRZ and the nonlinear propagation, typically RZ. However distinct, and normally taken in the academic and company environments as concurrent, they start to mix joining the benefits and the techniques to create more robust systems. Example of that are the solitons with dispersion compensation, and the NRZ high power transmission aiming the added value that the fiber nonlinearity's can bring. Linking these two techniques is the study over mono and multi-channel with base channels based on both methodologies.

The linear transmission system studied is the Dispersion Supported Transmission with binary and quaternary modulation under mono and multi-channel configurations. Due to the special characteristics of this methodology, the characterisation of the different parameters involved focused special attention as well as its implications and ranges that were observed in a rigorous manner. The laser and equaliser were targeted for optimisation and study, basing the conclusions on simulation, analytical and theoretical considerations. The parameter optimisation was made in order to have a deep knowledge of the behaviour of the system, so that the design of multi-channel systems was easier. Recurring to binary coding, the spectral density obtained without too much optimisation was about 0.43bit/s/Hz and for the quaternary was 0.86bit/s/Hz.

The study of nonlinear systems resulted in the determination of analytic processes that predict the position of the pulses, avoiding the computational power needed for this kind of pulse simulations even in single-channel operation. The interaction between pulses under the effect of a frequency shift was studied and a methodology for reducing the interaction was derived. Also, other methodologies for controlling the soliton interaction were studied. The strong dispersion compensation of soliton pulses was also studied and its properties characterised. A method for minimising the different degrading effects that can appear of multi-channel dispersion managed systems was also suggested.

In the end, a methodology of characterisation of systems regarding many degrading processes with high degree of precision was also derived based on the Chernoff bound.