



Teoria

Codificação Turbo e sua aplicação

**Laboratórios Didáticos para Ensino de Sistemas de
Comunicação em FPGA**

Introdução

O Problema do Ruído

Em qualquer sistema de comunicação — Wi-Fi, 4G/5G, satélites — o sinal enviado percorre um meio sujeito a interferências, como:

- Ruído, obstáculos físicos, interferência de outros transmissores, distância muito longa

Essas perturbações podem causar erros nos bits recebidos.

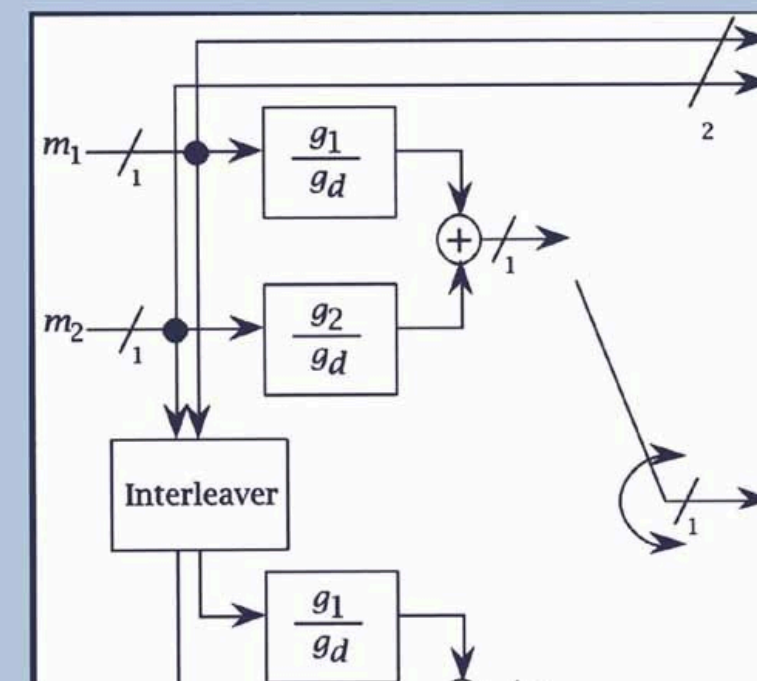
Para combater isso, usamos os Códigos Corretores de Erro (FEC). Eles adicionam redundância inteligente à mensagem.

Quanto mais eficiente o código, mais confiável e rápida a comunicação.

A Codificação Turbo surge como uma solução com desempenho muito próximo ao limite teórico ideal.

TURBO CODING

Chris Heegard
Stephen B. Wicker





Introdução

O que é Codificação Turbo?

O Limite de Shannon

- Em 1948, Claude Shannon definiu um limite teórico para comunicação confiável em canais com ruído.
- Nos anos 90, surgiram os Turbo Codes, os primeiros códigos práticos a chegar muito perto do limite de Shannon.
- Foram uma revolução na teoria da codificação e iniciaram grandes avanços em decodificação iterativa.

A Codificação Turbo mudou o cenário:

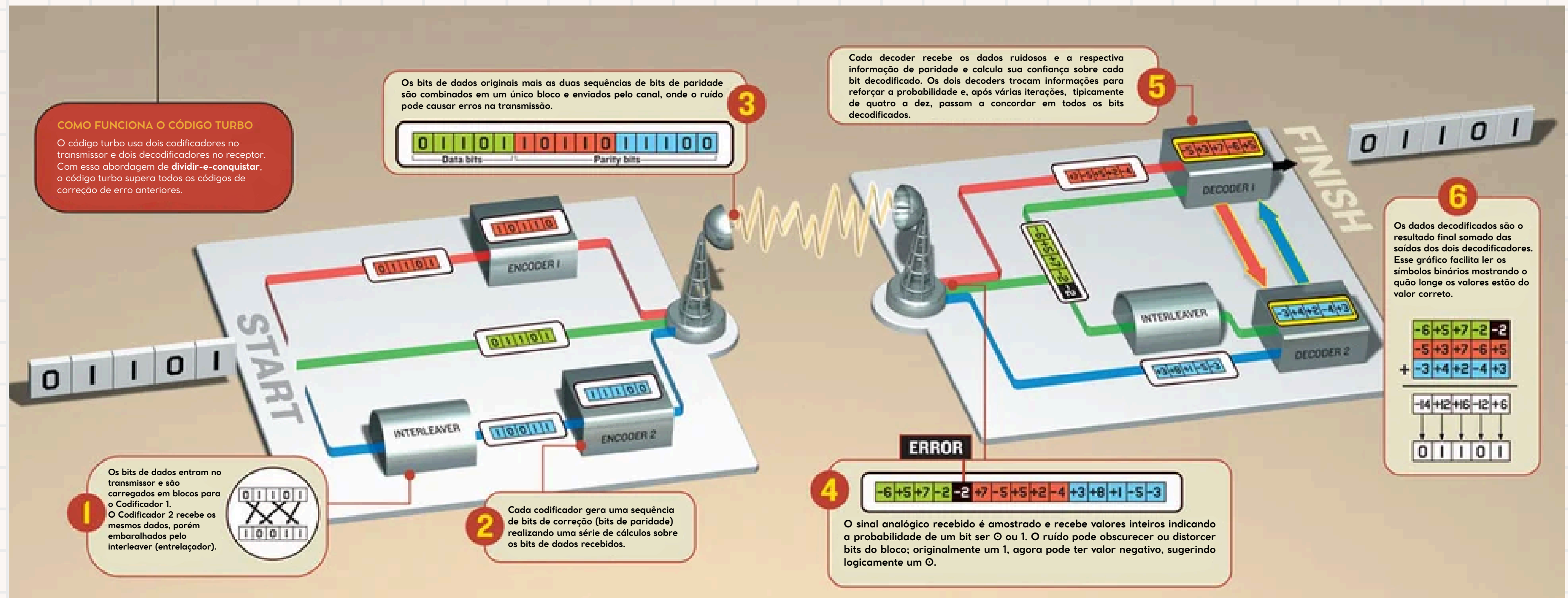
- Trabalhando muito próximo do limite de Shannon
- Permitindo menos erros com menos redundância
- Possibilitando comunicações mais rápidas e confiáveis

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Figure 1: The Famous Shannon Limit/Capacity Equation

Introdução

Exemplo visual

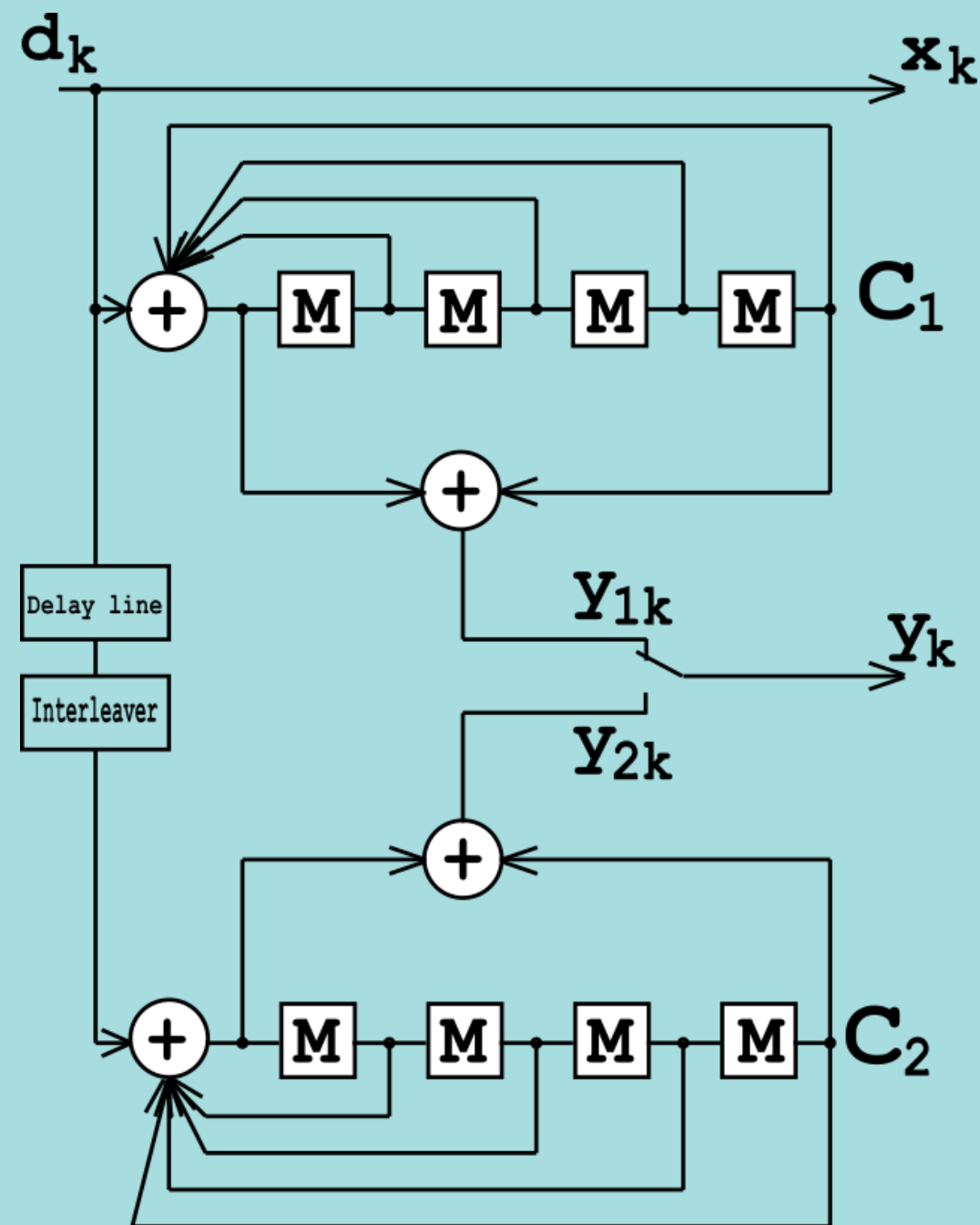


Como Funciona

Dois Codificadores são Melhores que Um

- A técnica usa dois codificadores convolucionais sistemáticos recursivos (RSC) em paralelo.
- Processo:
 - Codificador 1 gera bits de paridade da mensagem original.
 - A mensagem passa por um Entrelaçador (interleaver), que embaralha a ordem dos bits.
 - Codificador 2 gera outra paridade com base na versão embaralhada.
- Saída transmitida:
 - Dados originais + Paridade 1 + Paridade 2

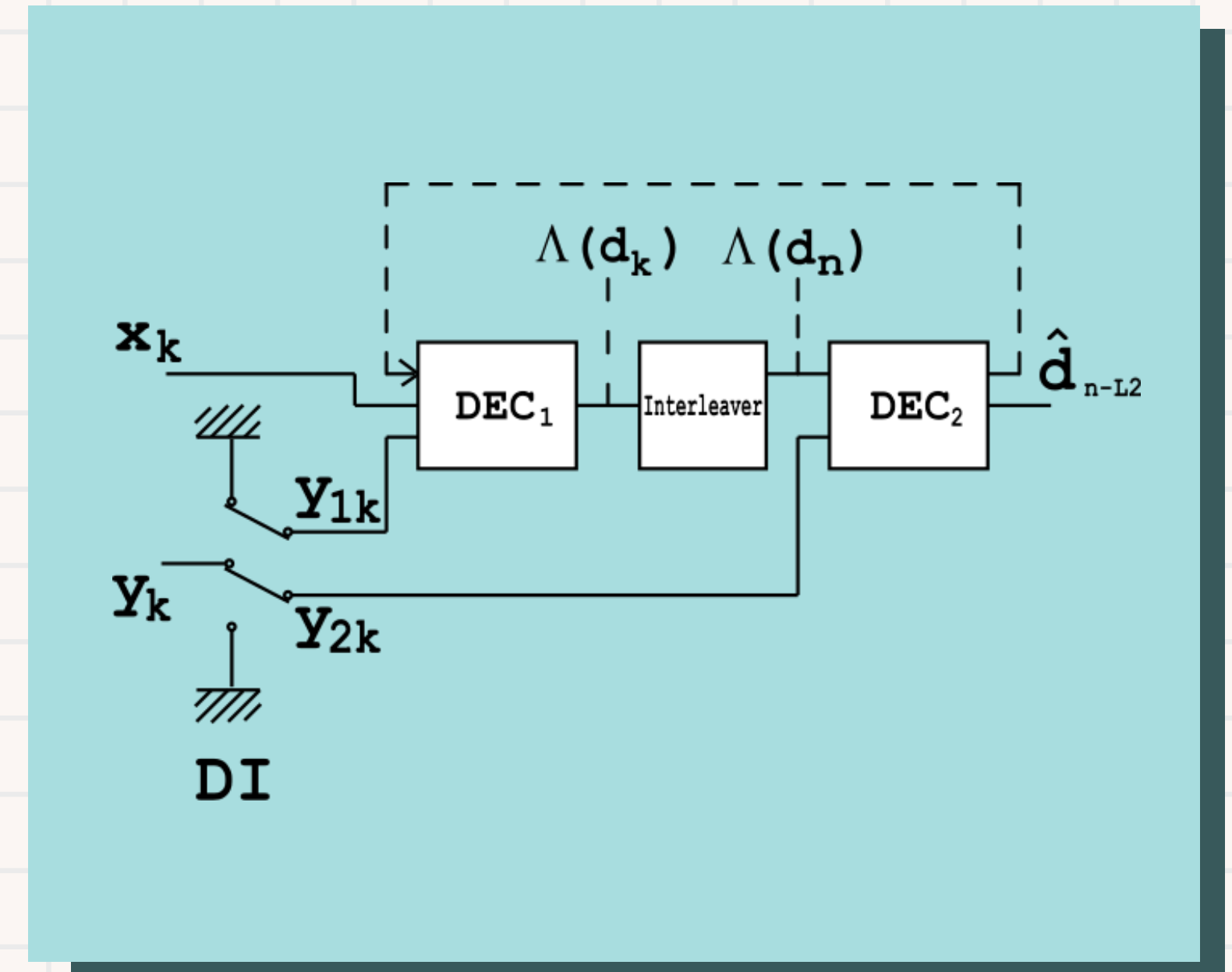
Resultado: Alta capacidade de correção sem aumentar muito a redundância



Decodificador Iterativo

A Mágica está no Receptor

- O receptor possui dois decodificadores.
- Eles trocam informações de confiança sobre cada bit:
 - LLR — Log Likelihood Ratio, medida suave de probabilidade
- A cada iteração, as estimativas melhoram.
- Seria semelhante a resolver um sudoku em dupla: vão trocando pistas até chegarem na mesma solução.



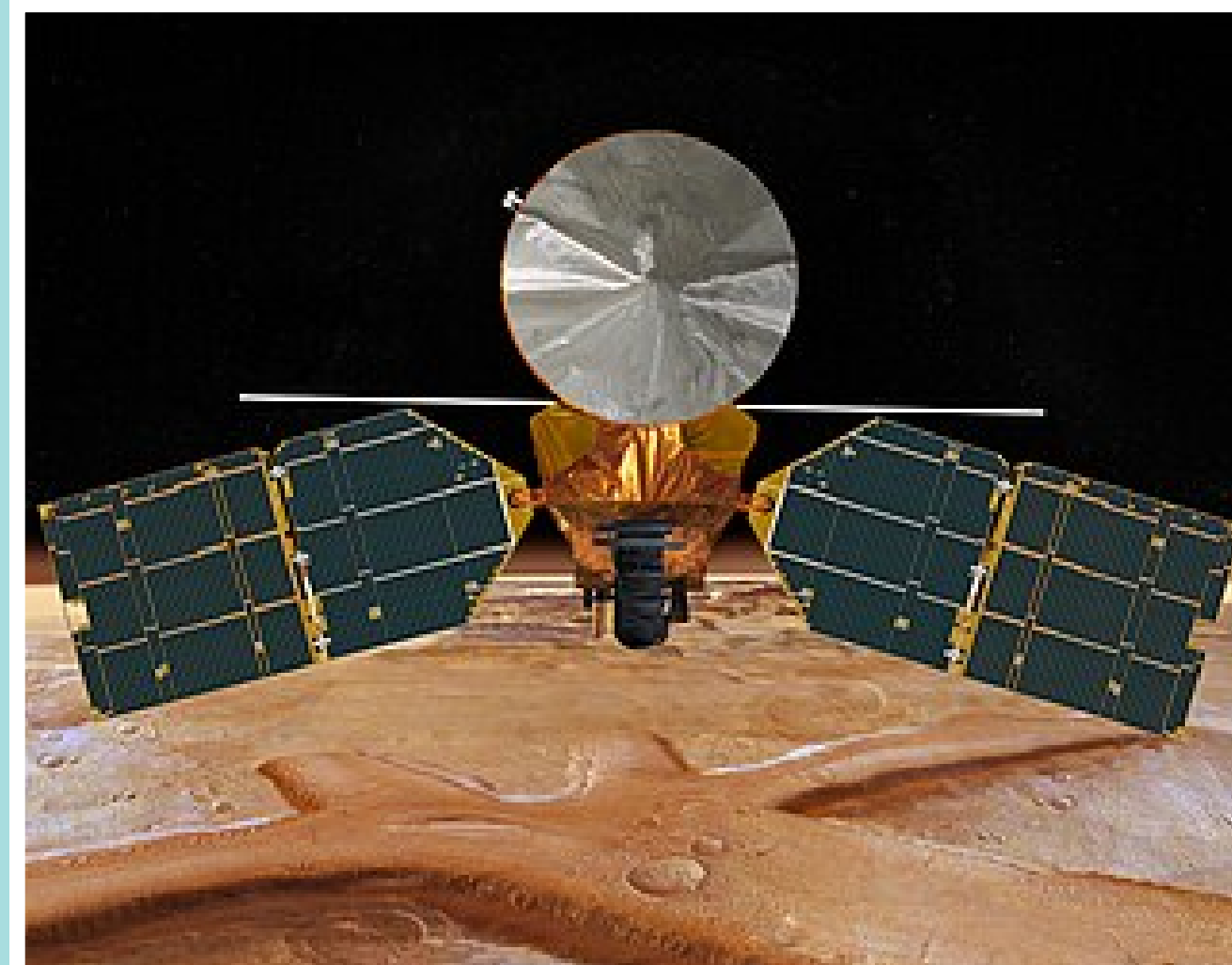
Turbo

Aplicações da Codificação Turbo

Os Turbo Codes são usados em:

- Redes móveis: 3G (UMTS), 4G (LTE), EV-DO, HSPA
- Satélites e Deep Space
 - Utilizado pela NASA em missões como Marte e Júpiter
- WiMAX (IEEE 802.16)
- MediaFLO, DVB-RCS/RCS2 (TV e comunicação interativa)

Competem com LDPC Codes, que também têm desempenho próximo ao limite de Shannon





Fim!