

**Enunciado do 2º Trabalho de  
Tópicos de Matemática para as Telecomunicações  
2022/2023**

**Informações gerais:**

- Grupos: formados por 3 estudantes (não é necessária pré-indicação dos nomes, e podem ser de turmas diferentes), que devem ser os mesmos grupos do 1º Trabalho.
- A submissão é feita no Moodle (um elemento do grupo submete o trabalho do grupo em nome de todos).
- Data limite de entrega: 23h59 de Terça-Feira 30 de maio de 2023.

**Instruções:**

- Os trabalhos devem conter no topo da 1ª página a identificação do grupo com o nome e número dos três estudantes.
- As 4 questões devem ser respondidas apresentando um *script* em MATLAB para cada uma das respostas, o qual deve aparecer no documento em modo texto por forma a ser copiável e testável (não pode ser uma figura *bitmap* ou de outro formato).
- O trabalho deve ser em formato PDF com um máximo de 5 páginas: 1 página para a capa e 4 páginas para apresentar as respostas das 4 perguntas com a figura gerada e os comentários à mesma). No final devem aparecer os anexos (sem limite de páginas) com o código MATLAB).
- Tal como dito acima, neste trabalho os *scripts* MATLAB devem num anexo no final do trabalho.

**Critérios de avaliação:**

- Correção das respostas (10 valores);
- qualidade do código MATLAB (correção / organização) (5 valores);
- qualidade da organização, apresentação e originalidade do relatório (5 valores).

Nota 1: não é necessário apresentar as deduções dos coeficientes de Fourier dos vários sinais estudados. Podem usar-se as tabelas conhecidas para os coeficientes (por exemplo no livro Carlson) ou resultados obtidos nas aulas práticas.

Nota 2: É aconselhável a instalação da *signal processing toolbox* para simplificar a resolução do trabalho.

### Pergunta 1 – Espectro da “trem de impulsos retangulares”

Considere um trem de impulsos retangulares com “*duty-cycle*” 20% (isto é, o sinal vale 1 apenas durante 20% de todo o período). Considere período  $T=1$  e amplitude  $A=1$ .

- a) Represente o sinal no tempo e o seu espectro (coeficientes de Fourier em função da frequência).
- b) Compare os valores obtidos para  $|c_n|$  com os valores obtidos analiticamente.
- c) O valor  $|c_0|$  corresponde a que grandeza do sinal temporal? Calcule esse valor e compare-o com o valor de  $|c_0|$  no espectro que obteve.

### Pergunta 2 – Espectro da “onda quadrada”

Considere uma função periódica quadrada com período  $T=1$  e com amplitude  $A=1$ .

- a) Represente o sinal no tempo e o seu espectro (coeficientes de Fourier em função da frequência).
- b) Compare os valores obtidos para  $|c_n|$  com os esperados analiticamente.
- c) Verifique que a Relação de Parseval se verifica (comparando a potência do sinal no tempo com a medida no domínio da frequência). Qual a percentagem da potência que está contida até aos coeficientes de 3ª ordem, isto é, entre  $c_{-3}$  e  $c_3$ ?

### Pergunta 3 – Espectro da “onda em dente-de-serra”

Considere uma função periódica em dente-de-serra com período  $T=1$  e com amplitude  $A=1$ .

- a) Represente o sinal no tempo e o seu espectro (coeficientes de Fourier em função da frequência).
- b) Compare os valores obtidos para  $|c_n|$  com os valores obtidos analiticamente.

### Pergunta 4 – Construção da Série de Fourier da “onda em dente-de-serra”

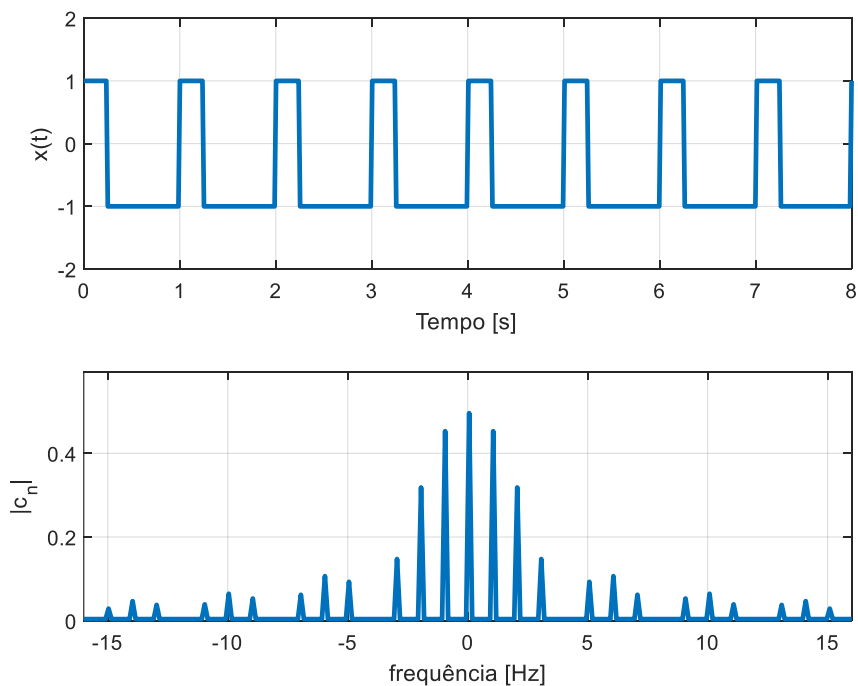
Considere a mesma função periódica em dente-de-serra com período  $T=1$  e com amplitude  $A=1$  que considerou na Pergunta 3.

- a) Represente graficamente os sinais que se obtêm quando se somam os primeiros  $N$  termos da série de Fourier com  $N=1, 2, 3, 4$ , e  $10$ ?

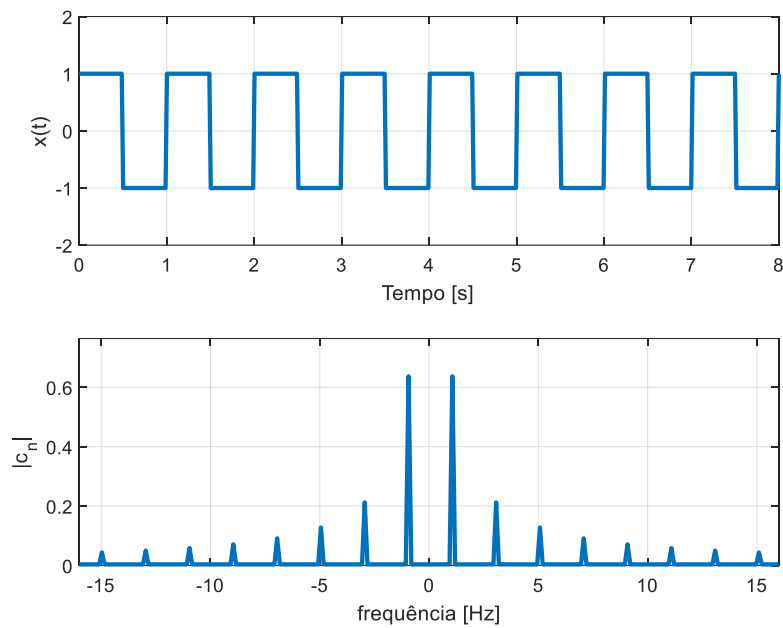
**Guia de apoio à resolução dos problemas propostos no  
Trabalho de Tópicos de Matemática para as Telecomunicações 2022/2023**

O código MATLAB elaborado para cada uma das perguntas deve produzir resultados em linha com as seguintes propostas de solução, mas elas são **meramente exemplificativas**. Outras formas de apresentação dos resultados são valoradas.

**Pergunta 1**



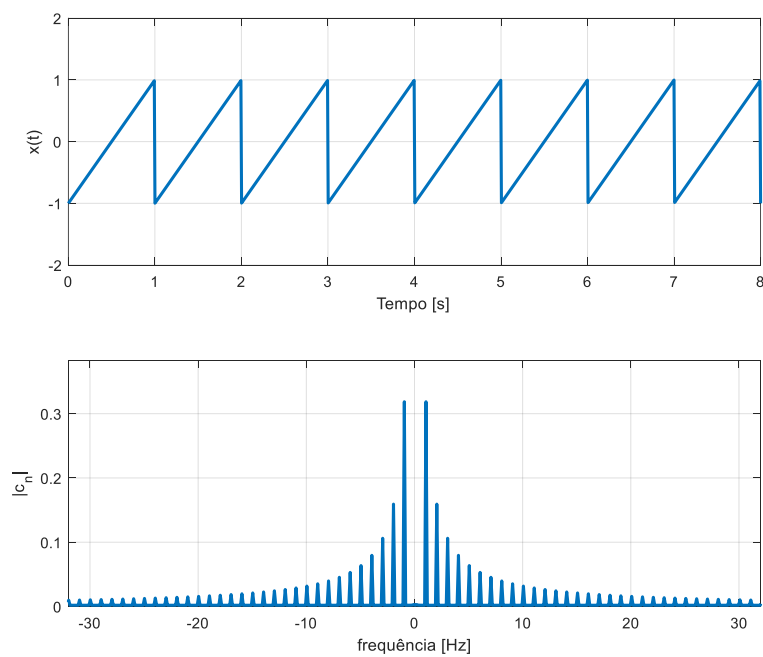
### Pergunta 2



Lembre-se que, pela relação de Parseval, a potência associada aos primeiros  $n$  coeficientes é:

$$P^{(n)} = \sum_{-n}^n |c_n|^2$$

### Pergunta 3



Pergunta 4

