

Laboratório 1: *Sampling and Aliasing*

Processamento Digital de Sinais



TÉCNICO
LISBOA

Grupo 20

André Abreu dos Santos

Francisco Rabaça Moller Freiria

Ano Académico 2021/2022

Índice

Nota Introdutória	3
Trabalho experimental	3
Secção 1.....	3
Secção 2.....	4
Secção 3.....	5
Secção 4.....	6
Secção 5.....	7
Secção 6.....	7
Conclusão.....	8

Nota Introdutória

Este relatório é referente ao primeiro laboratório da unidade curricular de Processamento Digital de Sinal. Tem como objeto de estudo a amostragem e o *aliasing* de sinais, uma vez que estes sinais necessitam de ser convertidos para sinais digitais para serem manipulados por computadores. Aquando desta conversão existem perdas de informação. Porém, pelo teorema da amostragem, podemos afirmar que nenhuma informação é perdida se a frequência de amostragem for mais alta do que duas vezes a frequência do sinal mais alta. Apesar desta ser uma norma importante pode também não ser a ideal dependendo do sinal em questão. Assim, ao longo deste relatório, irão ser abordadas várias situações com diferentes resoluções.

Não foi considerada nenhuma introdução teórica devido à natureza de resolução do enunciado do laboratório. Assim, qualquer nota teórica considerada importante para a resolução dos problemas é esclarecida na resolução de cada questão ou secção, acompanhada pela análise dos resultados obtidos.

Trabalho experimental

Secção 1

Uma vez que nesta secção foi pedido para comentar a relação entre o sinal ouvido e o sinal obtido pelo sinal *chirp* contínuo no tempo, dado por:

$$x_c(t) = \cos \left[2\pi \left(\frac{1}{3}k_2t^3 + \frac{1}{2}k_1t^2 + F_0t + \phi_0 \right) \right] \quad (1)$$

É necessário analisar a espectrograma do sinal da equação 1 dado na figura 1:

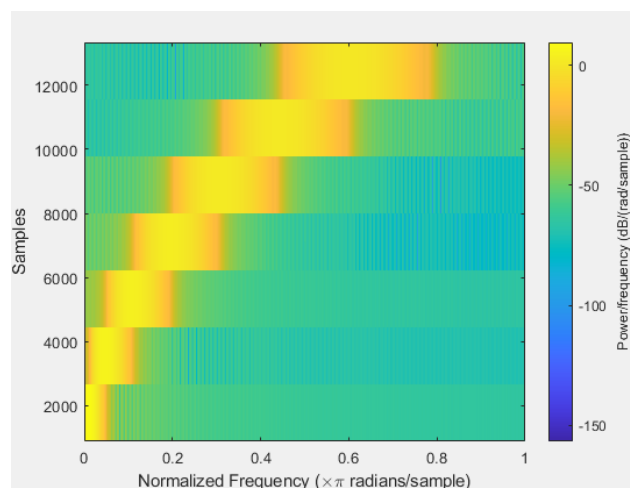


Figura 1: Espectrograma da equação 1.

Observando o gráfico da figura 1 e recorrendo à audição, podemos concluir que a frequência aumenta exponencialmente com o tempo ficando cada vez mais agudo.

Secção 2

Nesta secção foi pedido para comentar a relação entre a espectrograma e o sinal ouvido. Assim, para melhor compreender a relação entre o espectrograma e o sinal ouvido foram feitos vários testes para o valor de N. Este valor de N é referente à quantidade de divisões que se faz ao sinal (número de bits utilizados para a conversão do sinal analógico em digital).

Os espectrogramas do sinal para as várias divisões do sinal são apresentadas da figura 2 à figura 8.

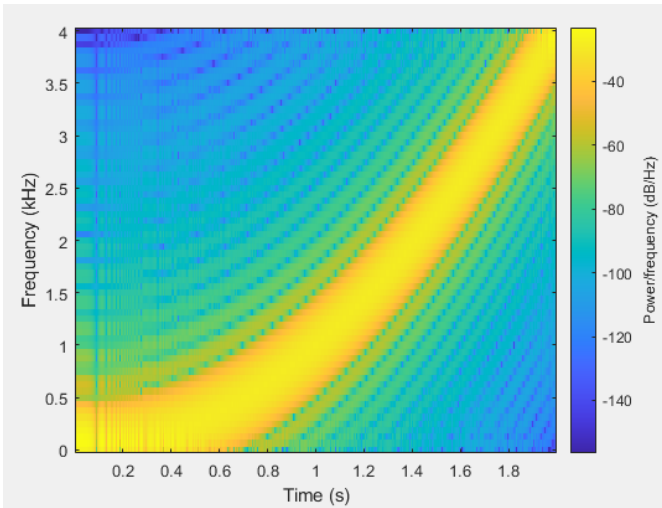


Figura 2: Espectrograma do sinal da equação 1 com N=32.

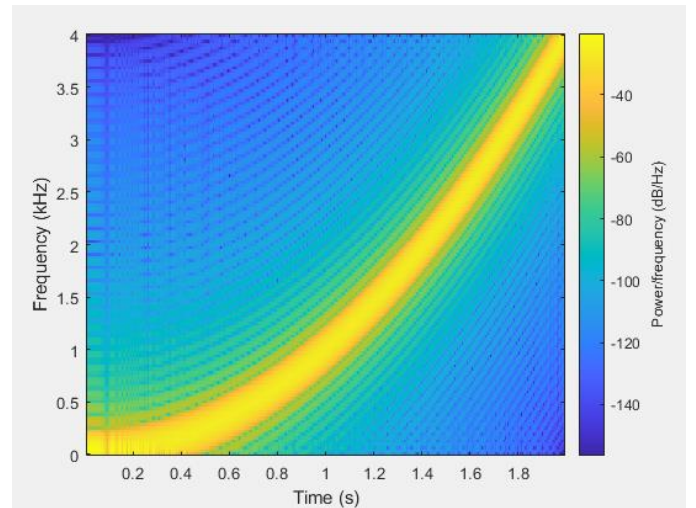


Figura 3: Espectrograma do sinal da equação 1 com N=64.

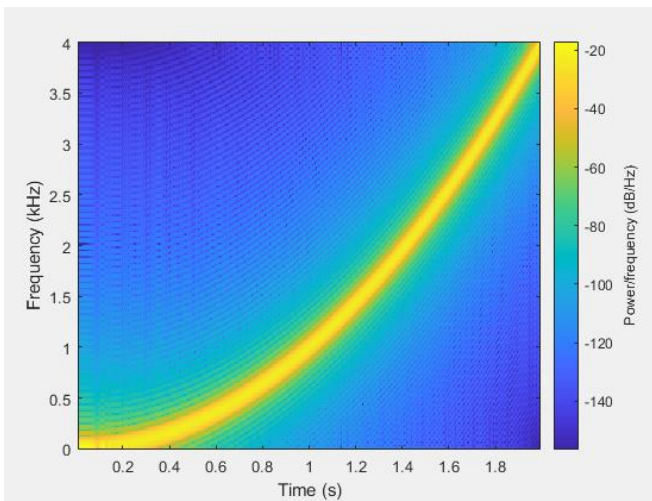


Figura 4: Espectrograma do sinal da equação 1 com N=128.

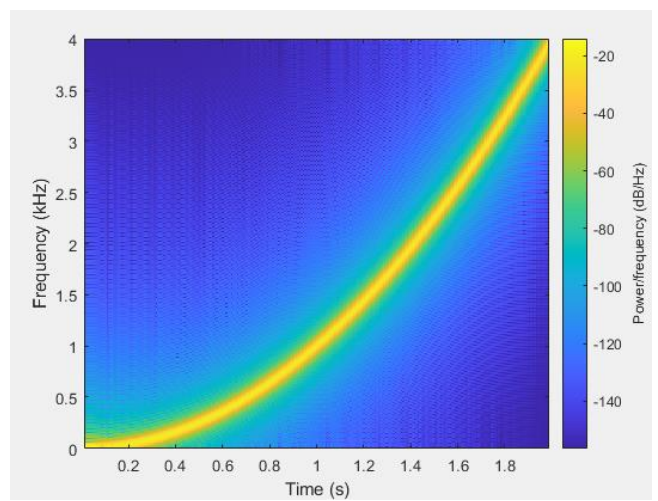


Figura 5: Espectrograma do sinal da equação 1 com N=256.

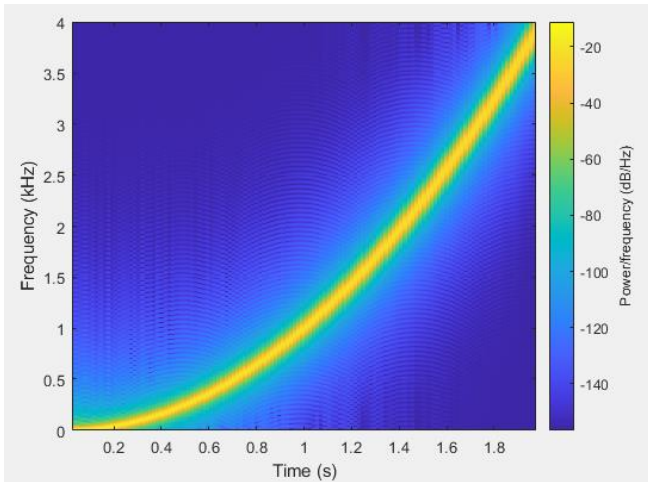


Figura 6: Espectrograma do sinal da equação 1 com N=512.

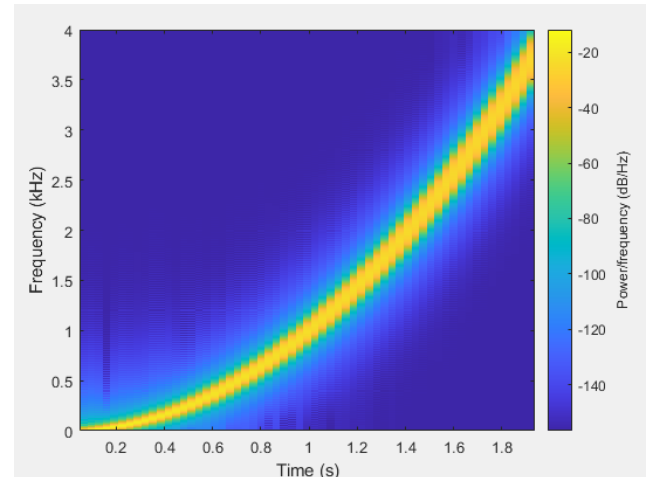


Figura 7: Espectrograma do sinal da equação 1 com N=1024.

Uma vez que não foram detetadas grandes diferenças aquando da reprodução dos sons, o espectrograma mostra ser uma importante ferramenta na análise de sinais analógicos. Como nas figuras 2 e 3 a quantidade de divisões que se fazem ao sinal ainda são bastante reduzidas o sinal ainda é apresentado com bastantes perdas de informação. Assim, podemos observar uma evolução da representação do sinal nas figuras 4 e 5 face às figuras anteriores. Na figura 6, já podemos observar um espectrograma mais idêntico a um sinal analógico, pois a sua resolução é a mais apropriada. Ainda assim, pela observação do gráfico da figura 7, nem sempre o recurso a mais divisões do sinal (utilização de mais bits) é benéfico, sendo possível concluir que deve existir um *threshold* para o número de divisões do sinal, pois nesta situação já é possível observar que se está a perder informação sobre a frequência.

Secção 3

Nesta secção foi pedido que recorrêssemos a um sinal dado pela equação 2 em que a função $x(n)$ é a função da equação 1.

$$y(n) = x(2n) \quad (2)$$

Em resposta à questão **R3.a)** a frequência do sinal utilizada foi de 4000 samples por segundo, ou seja 2kHz, uma vez que são necessários metade dos samples para o mesmo período de tempo, 2 segundos.

Para a resolução da questão **R3.b)** é necessário observar a figura 8 e ouvir o sinal produzido pela equação 2.

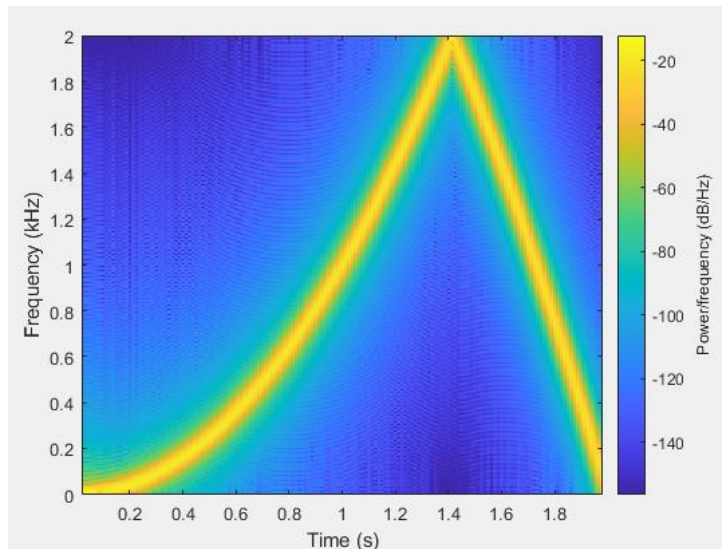


Figura 8: Espectrograma do sinal da equação 2.

A partir da observação do gráfico da figura 8 é possível aferir que a frequência do sinal tende a aumentar ao longo do tempo exponencialmente e que quando atinge o limite da frequência decresce de forma linear. Através da experiência auditiva as conclusões são idênticas, ou seja, o som começa em tons mais graves (de menor frequência) e ao longo do tempo corre um registo de notas até às notas mais agudas (de maior frequência) e é ainda sentido o declínio para frequências mais baixa de forma linear.

Secção 4

A partir do sinal “Romanza.mp3” e quando utilizada no Matlab a função descrita no enunciado do laboratório podemos aferir que a frequência deste sinal é 44kHz.

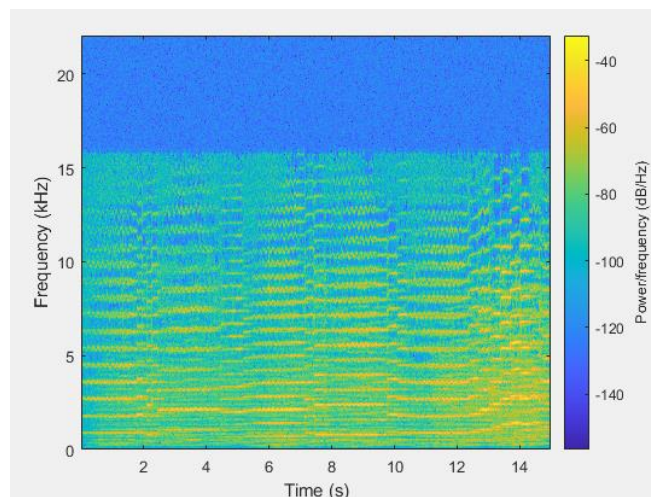


Figura 9: Espectrograma do sinal do ficheiro “Romanza.mp3”.

Foi utilizada uma janela de duração de 1024.

Secção 5

Nesta secção era pedido aplicar os procedimentos da secção anterior, mas com uma taxa de amostragem 5 vezes inferior. O espectrograma deste sinal está representado na figura 10.

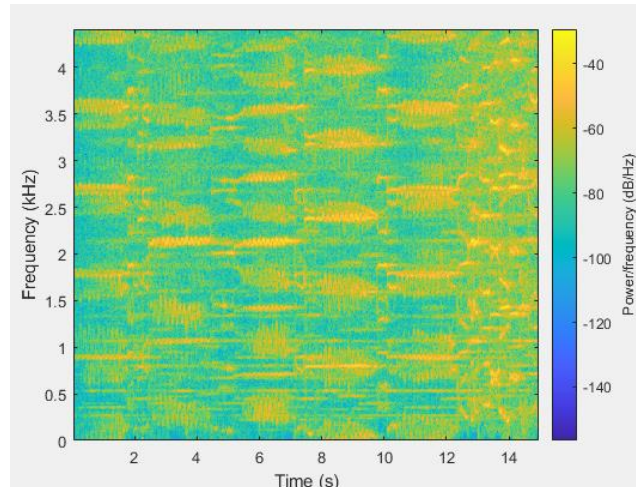


Figura 10: Espectrograma do sinal do ficheiro “Romanza.mp3” com uma taxa de amostragem 5 vezes menor.

A partir da análise da espectrograma os resultados não foram conclusivos, é apenas de referir que a frequência é 5 vezes menor. Porém ao ouvir o sinal, e recorrendo às texturas auditivas, podemos ouvir numa primeira camada, a música semelhante à ouvida na secção 4 com um pouco de ruído, e numa camada posterior e de forma diferenciada, o que pareciam ser as frequências mais baixa da mesma música.

Secção 6

Nesta secção apenas foi aplicado um filtro FIR passa-baixo ao sinal da secção anterior. Este filtro tem a finalidade de atenuar as amplitudes de maior frequência segundo uma frequência de corte que neste caso foi de 0.2π .

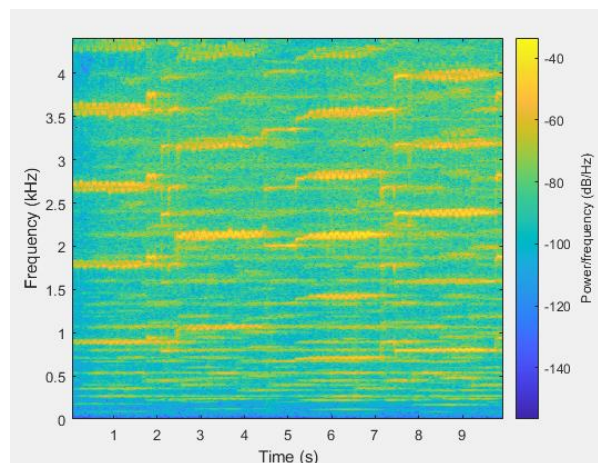


Figura 11: Espectrograma do sinal do ficheiro “Romanza.mp3” com uma taxa de amostragem 5 vezes menor e aplicando um filtro FIR passa-baixo.

Ao contrário dos resultados obtidos na secção anterior, os resultados obtidos pelo espectrograma são conclusivos uma vez que é possível observar as variações de frequências ao longo do tempo e de uma forma mais clara, não fosse esse objetivo de recorrer ao filtro FIR passa baixo. Ao nível auditivo, é de referir que a música soa com muito menos ruído e de uma forma homogénea ao contrário da análise sonora feita na secção 5.

Podemos então aferir que a aplicação de um filtro FIR passa baixo é uma boa solução para a conversão de sinais analógicos para sinais digitais.

Conclusão

Este trabalho mostrou ser bastante importante aprimorar alguns conteúdos apreendidos ao longo da jornada académica no que toca a análise de sinais, especialmente sinais sonoros. É de referir que foi apreendido que existem vários problemas na conversão de sinais analógicos para digitais, e que existem várias técnicas para controlar estas dificuldades, como é exemplo disso os filtros *anti-aliasing*.