

EXPERIMENTO DE LABORATÓRIO DE COMUNICAÇÃO DE DADOS

Conversão Analógico - Digital: Amostragem e Quantização

Santa Maria, 11 de Setembro de 2017

Giuliano Bohn Benedeti - 201322332
Keli Tauana Ruppenthal - 201520603
Victor Dallagnol Bento - 201520835
Vinícius Bohrer dos Santos - 201520344

1. Introdução

A relação sinal-ruído é geralmente usada em sinais elétricos, mas pode também ser aplicada em sinais ópticos e acústicos. Esta relação pode ser definida como uma comparação do nível de um sinal desejado com o nível do ruído de fundo. Quanto mais alta ela for, menor será o efeito do ruído de fundo sobre a detecção ou medição do sinal.

Assim, na aula prática realizada, modificou-se o código do *OCTAVE* disponível no *moodle* a fim de calcular a SQNR (razão sinal-ruído de quantização) resultante em dB para uma quantidade de bits variada de 3 a 16. Esses dados foram colocados em um vetor e posteriormente plotados em um gráfico. Além disso, usou-se função *polyfit* do *OCTAVE* a fim de calcular os coeficientes a e b da equação da forma $ax + b$ que descreve a SQNR em dB em função do número de bits usados. Esse procedimento foi executado para quatro formas de onda: onda senoidal com frequência de 3 Hz, onda quadrada com frequência de 3 Hz, onda triangular com frequência de 3 Hz e para a soma de duas ondas senoidais com frequências de 3 e 1 Hz.

2. Experimento

2.1 Onda Senoidal:

Primeiramente, especificou-se o código para o desenvolvimento de ondas senoidais de 3 Hz e o número de bits utilizados foi de 3. O sinal original amostrado e depois quantizado pode ser visualizado na figura abaixo:

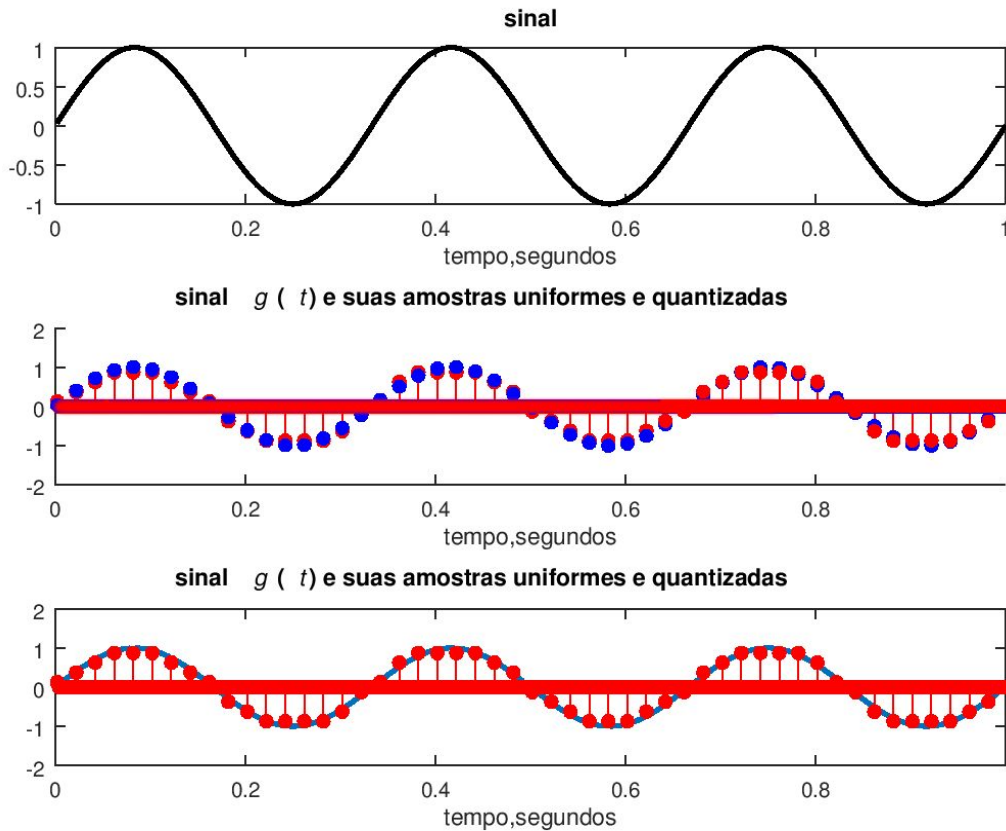


Figura 1: Sinal senoidal de 3 Hz quantizado.

Verifica-se pela última imagem que o sinal quantizado é praticamente igual ao sinal das amostras. Então, alterou-se parte do código para que fosse feito um *looping* e, assim, os valores de bits foram sendo variados (de 3 a 16). Para cada número de bits nesse intervalo, o código calculou o valor da SQNR (já em dB) e esses dados foram inseridos em um vetor. O gráfico obtido da relação SQNR *versus* número de bits e sua interpolação pode ser analisado abaixo:

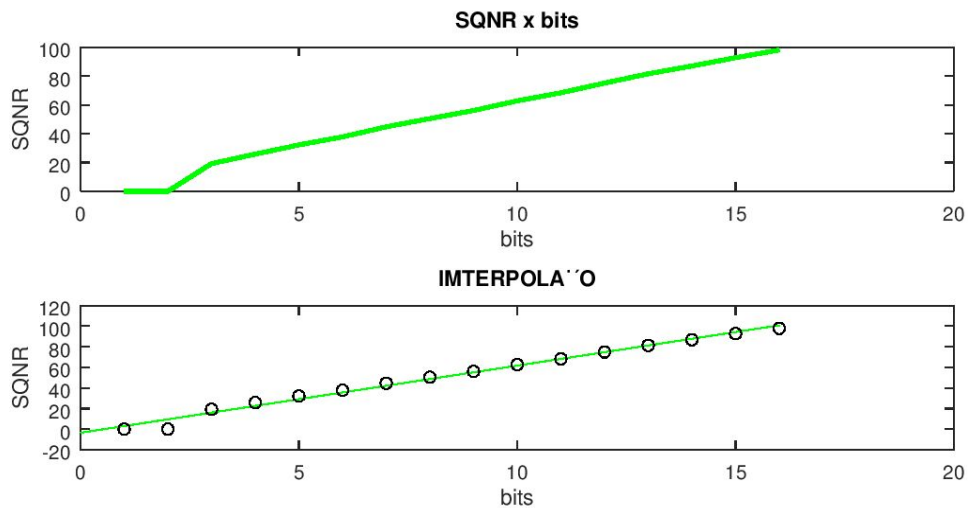


Figura 2: Gráfico SQNR versus número de bits e sua interpolação.

Como pode ser visto, o gráfico gerado é muito semelhante a uma reta. Isso porque, segundo a *Equação 1*, o número de bits (a) e a SQNR (b) estabelecem entre si uma relação linear.

$$6.5220x - 3.4651$$

Equação 1.

Para fazer a interpolação no *OCTAVE* foi utilizada a função *polyfit*, utilizando como parâmetros SQNR, bits, e o grau do polinômio (grau 1). Os valores encontrados para os coeficientes da equação ($ax + b$), forma 6.5220 para o coeficiente a e -3.4651 para o coeficiente b .

A equação encontrada é similar a equação teórica, a maior diferença é no coeficiente b , que é negativo. Isso pode ser explicado pela função da amostragem do sinal, da reta interpolada cortar o eixo do y (SQNR) em -3.4651 , e os valores de bits iniciarem a partir do 3, logo, não temos valores de SQNR para o bits 0, 1 e 2. Quanto maior a quantidade de bits, menor o intervalo de quantização do sinal e consequentemente, melhor a SQNR.

O valor encontrado para o coeficiente b difere do valor teórico (por este ser um sinal sinusoidal) onde SQNR é dado pela equação $6,02x + 1,76$. Nesse caso prático temos uma onda apenas senoide, logo o valor obtido difere dos valores na literatura.

2.2 Onda Quadrada:

O código foi modificado para um sinal de onda quadrada. Na *Figura 3* pode-se ver o sinal de onda quadrada, a amostragem e a quantização para esse sinal usando 3 bits.

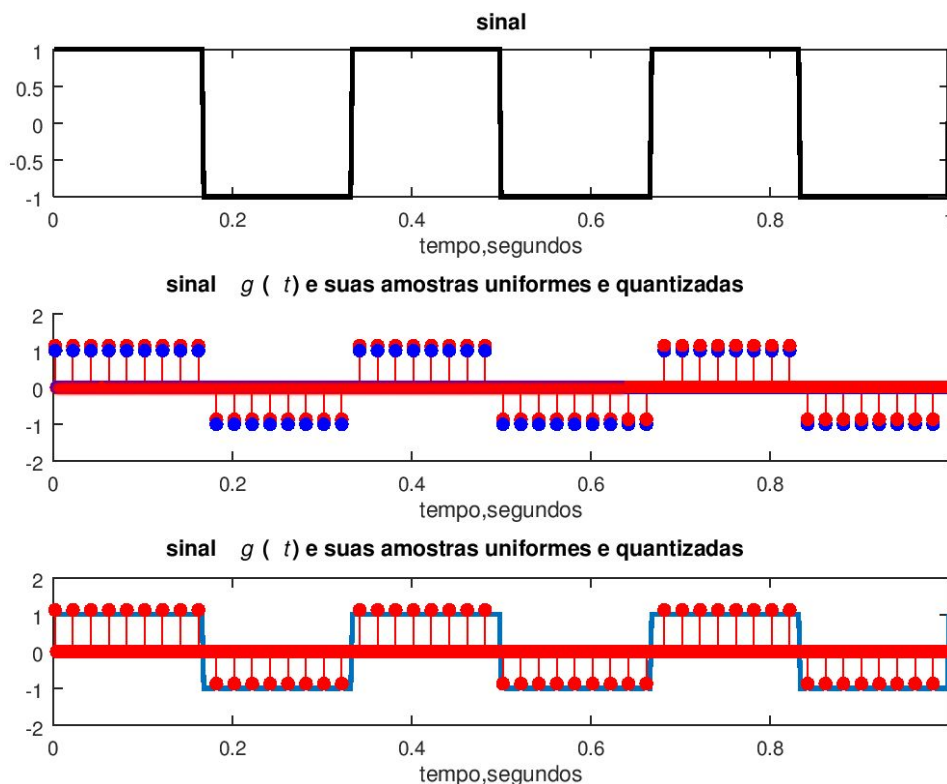


Figura 3: Sinal quadrático de 3 Hz quantizado.

Pode-se observar que a amostragem fica diferente do sinal inicial (pontos vermelhos e azuis, respectivamente). Essa diferença não é grande, mas aumentando o número de bits ela ficaria ainda menor, se mostrando mais fidedigna ao sinal inicial.

Com isso, novamente utilizamos um *looping* para variar os bits de 3 a 16. Para cada valor de bit, um valor de SQNR foi obtido, e com ambos os valores, bit e SQNR, a *Figura 4* foi construída.

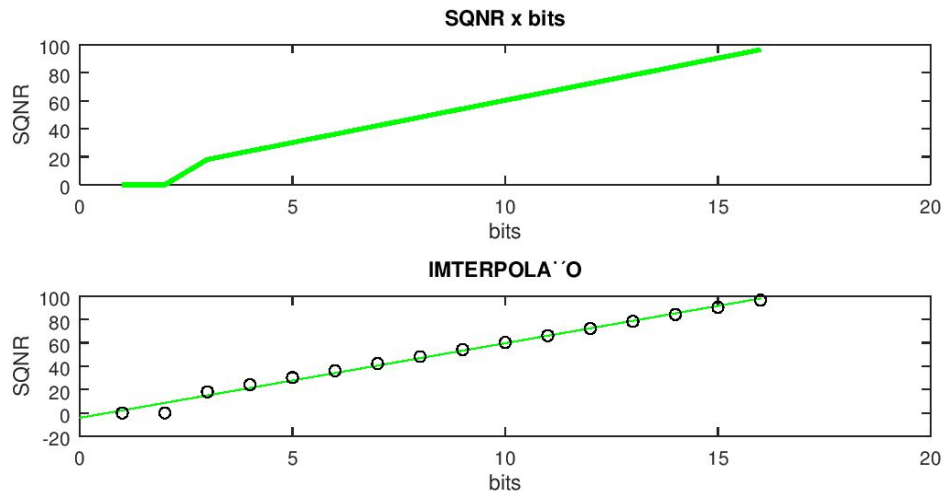


Figura 4: Gráfico SQNR versus número de bits e sua interpolação.

O gráfico obtido na *Figura 4* é praticamente uma reta, o que já era esperado visto que o número de bits foi aumentado, fazendo o sinal se tornar mais semelhante ao sinal inicial. A *Equação 2* foi obtida pela da interpolação foi:

$$6.3836x - 4.2144$$

Equação 2.

Os valores encontrados para os coeficientes a e b através da interpolação foram de 6.3836 e -4.2144 respectivamente. O coeficiente a aproximou-se do valor teórico, enquanto o valor de b afastou-se ainda mais da teoria. Uma vez que o valor teórico amostrado diz respeito a uma onda sinusoidal e nesse caso prático estamos tratando de uma onda quadrada: a diferenciação no coeficiente b pode ser justificada por tal mudança.

2.3 Onda Triangular:

Modificou-se novamente o código para a obtenção de uma onda triangular. A *Figura 5* relaciona a forma de onda do sinal original, a amostragem e a quantização usando 3 bits.

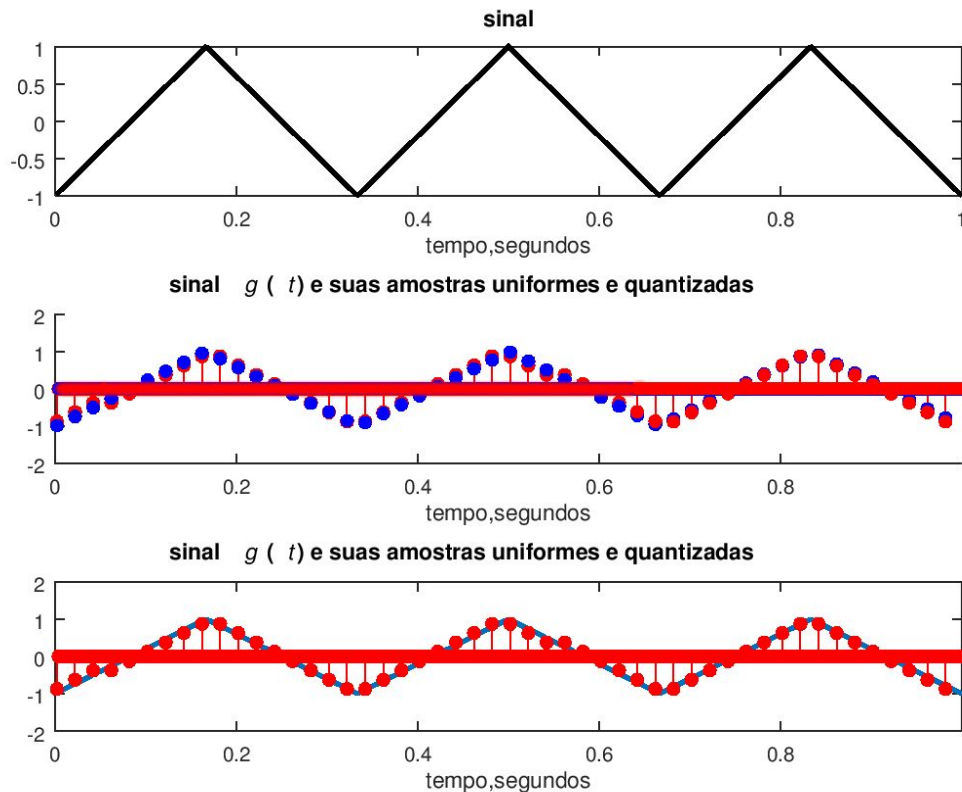


Figura 5: Sinal triangular de 3 Hz quantizado.

Após isso, realizou-se a simulação, por meio do OCTAVE, da SQNR para o intervalo de bits de 3 a 16. Construiu-se um gráfico com esses dados e interpolou-se a fim de descobrir os coeficientes a e b .

O gráfico resultante encontra-se na Figura 6. Observando-o, percebe-se que ele também é uma reta. Como anteriormente, isso também era esperado.

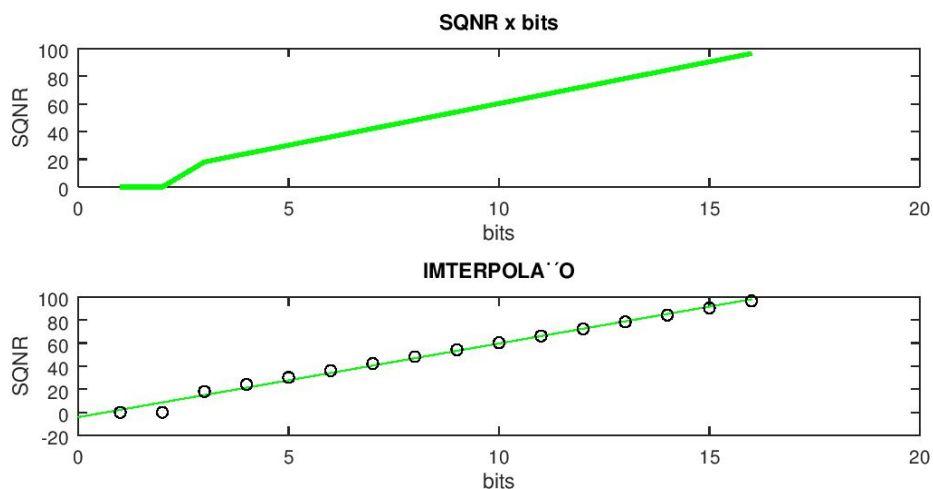


Figura 6 Gráfico SQNR versus número de bits e sua interpolação.

Dessa forma, a equação obtida é representada pela Equação 3, descrita abaixo. Novamente, o valor encontrado para a variável b é negativo, mostrando divergência de

valor teórico e prático, uma vez que no experimento teórico o tipo de onda foi sinusoidal e no experimento em aula a onda foi triangular, justifica-se então a divergência nos valores do coeficiente b .

$$6.3835x - 4.2143$$

Equação 3.

2.4 Soma de Ondas Senoidais:

Finalmente, o último tópico abordado será a soma de duas senóides. A *Figura 7* representa a relação entre o sinal original desse tipo, a amostragem e sua quantização utilizando-se 3 bits.

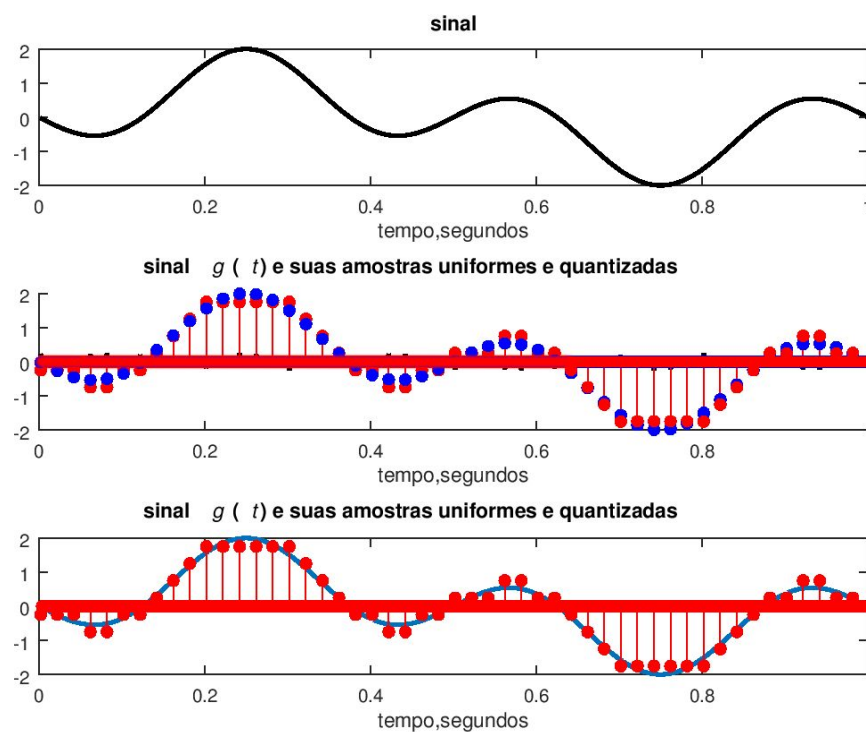


Figura 7: Sinal composto de duas senóides de 3 Hz e 1 Hz.

Após isso, calculou-se a SQNR para o intervalo mencionado de bits. Os resultados foram plotados e estão na *Figura 8*. Observando esse gráfico, percebe-se que ele não é uma reta perfeita, embora sua forma pareça com uma reta.

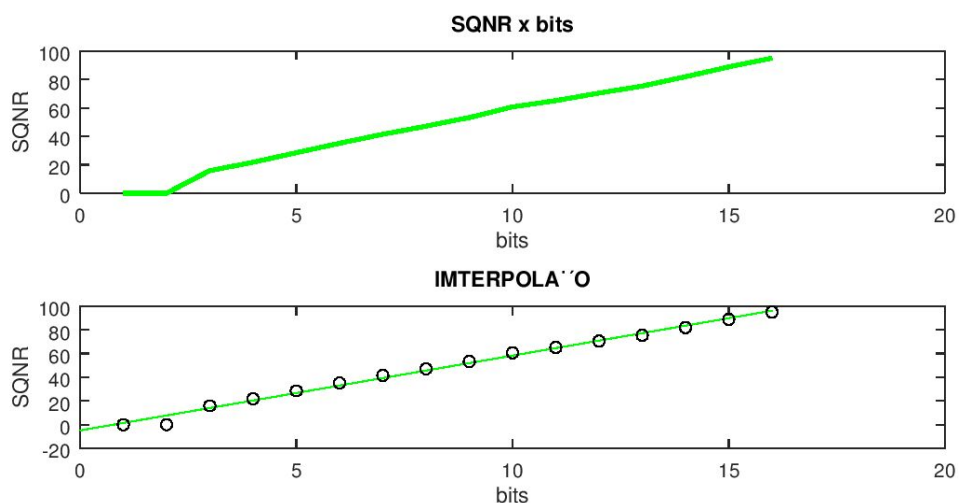


Figura 8 Gráfico SQNR versus número de bits e sua interpolação para um sinal com duas senóides.

Os valores obtidos na interpolação para os coeficientes a e b foram, respectivamente, 6.3119 e -4.9224, conforme a *Equação 4*.

$$6.3119x - 4.9224$$

Equação 4.

Comparando-se os valores para a e b teóricos e fornecidos pelo OCTAVE, nota-se, novamente, uma diferença entre eles. O coeficiente a difere pouco: 6,02 para 6,32. Contudo, o coeficiente b está muito diferente: -4,93 para 1,76. Devido ao fato anteriormente citado de que o estudo da onde foi baseado num sinal sinusoidal e de que o sinal usado em prática foram de senóides. Além disso, vale ressaltar que o gráfico da *Figura 8* não é uma reta perfeita.

3. Conclusão

Portanto, diante dos resultados apresentados acima, conclui-se que a SQNR aumenta linearmente com o número de bits usados independentemente da forma de onda usada. Contudo, deve-se escolher se deseja-se uma melhor quantização do sinal, aumentando assim o número de bits e a taxa de bits enviados por segundo, ou uma transmissão com um menor número de bits, perdendo assim informação na quantização do sinal.

Ademais, nota-se que os valores simulados não ficaram muito próximos aos teóricos pois os que foram obtidos por meio da ferramenta diferiram muito dos resultados teóricos esperados.