

## Gabarito do Exercício 1

Considerando a frequência fundamental igual a 60 Hz,  $\omega = 2\pi f = 120\pi$ .

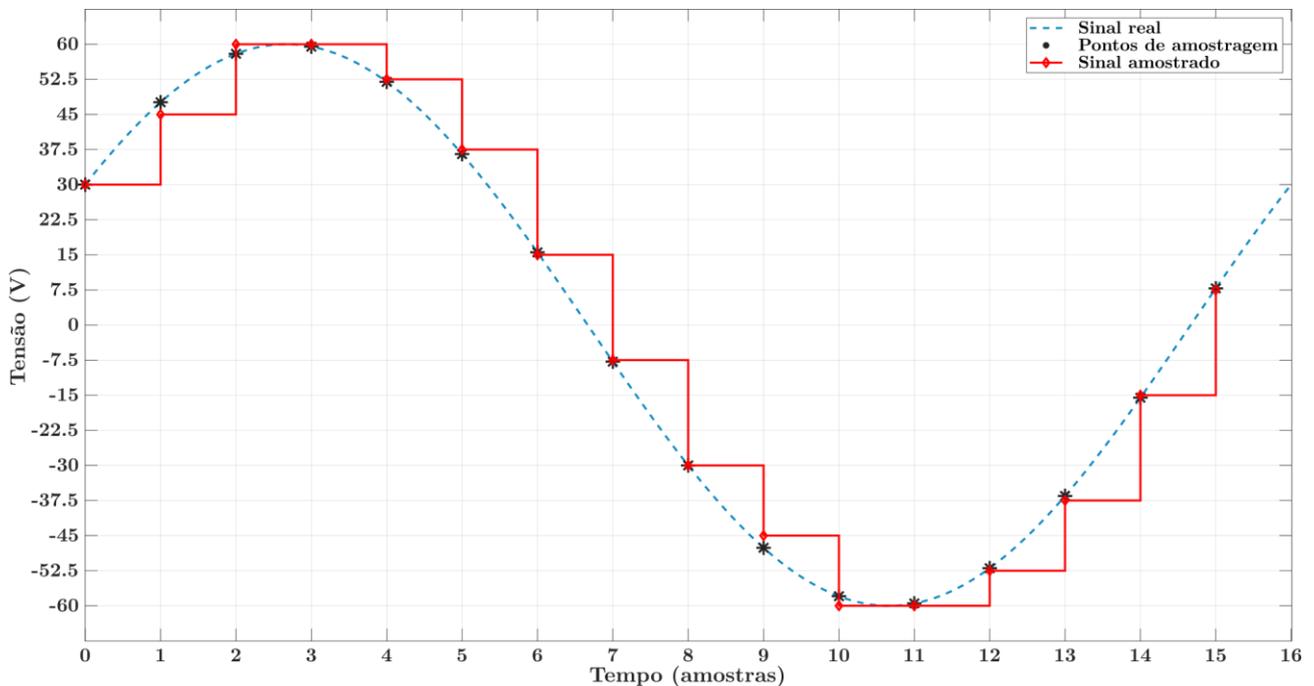
- Passo entre cada amostra,  $n$ , pode ser calculado como:

$$t = \frac{n}{960}$$

- Quantidade de amostras: Dada a frequência de amostragem igual a 960 Hz, tem-se que a quantidade de amostras será:

$$N = \frac{960}{60} = 16 \text{ amostras/ciclo}$$

- Quantidade de níveis de quantização: Uma vez que o conversor possui 4 bits, o número total de níveis de quantização será igual a  $2^4 = 16$ . Entretanto, como o sinal possui valores positivos e negativos, serão utilizados 8 níveis para os valores positivos e 8 para os negativos.
- Passo do nível de quantização: Como o sinal varia entre +60 V e -60 V, a variação entre cada nível de quantização será  $\Delta V = 120/16 = 7,5 \text{ V}$ .  
**OBS:** Apesar de **não** estar totalmente correto, o uso de  $\Delta V = 8 \text{ V}$  será considerado válido neste exercício.
- Representação gráfica do sinal real e o sinal amostrado. Mostrando o sinal original e o ponto onde o sinal foi amostrado com espaçamentos equidistantes.



Nota-se que a 16ª amostra do sinal (correspondente ao ângulo de  $360^\circ$ ) foi omitida, pois esta corresponde ao início do próximo ciclo (ângulo de  $0^\circ$ ).

- Calculo do valor real de cada amostra:

$$\begin{aligned}
 P_0: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 0/960 + 30^\circ) = 30,00 \text{ V} \\
 P_1: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 1/960 + 30^\circ) = 47,60 \text{ V} \\
 P_2: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 2/960 + 30^\circ) = 57,96 \text{ V} \\
 P_3: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 3/960 + 30^\circ) = 59,49 \text{ V} \\
 P_4: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 4/960 + 30^\circ) = 51,96 \text{ V} \\
 P_5: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 5/960 + 30^\circ) = 36,53 \text{ V} \\
 P_6: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 6/960 + 30^\circ) = 15,53 \text{ V} \\
 P_7: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 7/960 + 30^\circ) = -7,83 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_8: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 8/960 + 30^\circ) = -30,00 \text{ V} \\
 P_9: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 9/960 + 30^\circ) = -47,60 \text{ V} \\
 P_{10}: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 10/960 + 30^\circ) = -57,96 \text{ V} \\
 P_{11}: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 11/960 + 30^\circ) = -59,49 \text{ V} \\
 P_{12}: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 12/960 + 30^\circ) = -51,96 \text{ V} \\
 P_{13}: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 13/960 + 30^\circ) = -36,53 \text{ V} \\
 P_{14}: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 14/960 + 30^\circ) = -15,53 \text{ V} \\
 P_{15}: V &= 60 \cdot \text{sen}(120\pi \cdot 15/960 + 30^\circ) = 7,83 \text{ V}
 \end{aligned}$$

- Calculo do valor amostrado: Como os valores convertidos são discretos, e não contínuos, o valor amostrado será o mais próximo do valor real, caso o valor esteja em uma região intermediária. Cada um dos valores é apresentado na tabela abaixo juntamente com o erro de quantização ( $\epsilon$ ) para cada amostra.

	<b>P<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>5</sub></b>	<b>P<sub>6</sub></b>	<b>P<sub>7</sub></b>	<b>P<sub>8</sub></b>	<b>P<sub>9</sub></b>	<b>P<sub>10</sub></b>	<b>P<sub>11</sub></b>	<b>P<sub>12</sub></b>	<b>P<sub>13</sub></b>	<b>P<sub>14</sub></b>	<b>P<sub>15</sub></b>
V <sub>seno</sub>	30,0	47,6	57,96	59,49	51,96	36,53	15,53	-7,83	-30,0	-47,6	-57,96	-59,49	-51,96	-36,53	-15,53	7,83
V <sub>amostrado</sub>	30,0	45,0	60,0	60,0	52,5	37,5	15,0	-7,5	-30,0	-45,0	-60,0	-60,0	-52,5	-37,5	-15,0	7,5
$\epsilon$	0	2,60	2,04	0,51	0,54	0,97	0,53	0,33	0,00	2,60	2,04	0,51	0,54	0,97	0,53	0,33

- Erro de quantificação médio,  $\bar{\epsilon}$ :

$$\bar{\epsilon} = \frac{\sum \epsilon}{16} = \frac{15,06}{16} = 0,94 \text{ V}$$

$$\bar{\epsilon}_{\%} = 100 \times \frac{0,94}{120} = 0,78\%$$