

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE - CTJ**

GABRIEL ANDREA CARVALHO, GABRIELLA ARÉVALO MARQUES,  
HEBERT ALAN KUBIS, JEIEL SANTOS ARAÚJO OLIVEIRA, JOÃO VITOR  
FRANQUE GOETZ, JOHANNA CAMILA REY

**PROJETO DE CAME MÁQUINA DE COSTURA**

Joinville  
2025

## 1. INTRODUÇÃO

## 2. REQUISITOS DE PROJETO

Os requisitos de projeto são os especificados:

- Raio de base: 19mm
- Raio do seguidor (rolete) = 6mm
- Altura máxima de deslocamento da agulha: 12mm
- Subida: 12mm em  $50^\circ$
- Espera superior: em 10mm por  $20^\circ$
- Descida: 12mm em  $50^\circ$
- Repete-se essa sequência até completar  $360^\circ$
- Velocidade de rotação:  $\omega = 150$  rpm

## 3. EQUACIONAMENTO

Para uma curva polinomial a expressão geral é dada por:

$$s = c_0 + c_1 \cdot \theta + c_2 \cdot \theta^2 + c_3 \cdot \theta^3 + \dots + c_n \cdot \theta^n \quad (1)$$

Onde:

- $s$  = deslocamento do seguidor
- $\theta$  = ângulo de rotação do Cane
- $c_i$  = constantes ( $i = 1, 2, 3, \dots$ )
- $n$  - a ordem do polinomio

Como pedido no trabalho, o polinomio a ser utilizado deve ser um 3-4-5, ou seja:

$$s(\theta) = c_0 + c_1 \cdot \theta + c_2 \cdot \theta^2 + c_3 \cdot \theta^3 + c_4 \cdot \theta^4 + c_5 \cdot \theta^5 \quad (2)$$

$$\frac{ds(\theta)}{d\theta} = c_1 + 2 \cdot c_2 \cdot \theta + 3 \cdot c_3 \cdot \theta^2 + 4 \cdot c_4 \cdot \theta^3 + 5 \cdot c_5 \cdot \theta^4 \quad (3)$$

$$\frac{d^2s(\theta)}{d\theta^2} = 2 \cdot c_2 + 6 \cdot c_3 \cdot \theta + 12 \cdot c_4 \cdot \theta^2 + 20 \cdot c_5 \cdot \theta^3 \quad (4)$$

Ou na forma normalizada:

$$s(\theta) = h \cdot [10 \cdot \left(\frac{\theta - \theta_i}{\beta}\right)^3 - 15 \cdot \left(\frac{\theta - \theta_i}{\beta}\right)^4 + 6 \cdot \left(\frac{\theta - \theta_i}{\beta}\right)^5] \quad (5)$$

$$\frac{ds(\theta)}{d\theta} = h \cdot 30 \cdot \left[\left(\frac{\theta - \theta_i}{\beta}\right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{\theta - \theta_i}{\beta}\right)^3 + \left(\frac{\theta - \theta_i}{\beta}\right)^4\right] \quad (6)$$

$$\frac{d^2s(\theta)}{d\theta^2} = h \cdot 60 \cdot \left[\left(\frac{\theta - \theta_i}{\beta}\right)^3 - 3 \cdot \left(\frac{\theta - \theta_i}{\beta}\right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{\theta - \theta_i}{\beta}\right)^3\right] \quad (7)$$

### 3.1. POSIÇÃO

Para calcular encontrar as equações da posição, velocidade e aceleração, deve-se usar o parametro  $\beta$  que é diferente para cada um dos três trechos. O  $\beta$  é definido como:

$$\beta = \theta_f - \theta_i \quad (8)$$

Assim, tem-se:

- Trecho 1 (subida):  $\beta = 50^\circ - 0^\circ = 50^\circ = 0.873\text{rad}$
- Trecho 2 (espera):  $\beta = 70^\circ - 50^\circ = 20^\circ = 0.349\text{rad}$
- Trecho 3 (descida):  $\beta = 120^\circ - 70^\circ = 50^\circ = 0.873\text{rad}$

Deste modo, a posição para o trecho 1 é dada por:

$$s(\theta) = 12 \cdot [10 \cdot \left(\frac{\theta}{0.873}\right)^3 - 15 \cdot \left(\frac{\theta}{0.873}\right)^4 + 6 \cdot \left(\frac{\theta}{0.873}\right)^5] \quad (9)$$

Para o trecho 2:

$$s(\theta) = 12 \quad (10)$$

E para o trecho 3, que possui uma pequena diferença por ser de descida, sendo que aqui a expressão anterior entra subtraindo de 1:

$$s(\theta) = 12 \cdot [1 - (10 \cdot \left(\frac{\theta - 1.222}{0.873}\right)^3 - 15 \cdot \left(\frac{\theta - 1.222}{0.873}\right)^4 + 6 \cdot \left(\frac{\theta - 1.222}{0.873}\right)^5)] \quad (11)$$

Com isto, o trecho de  $0^\circ$  a  $120^\circ$  pode ser representado. Ajustando os valores de  $\theta_i$  tambem pode-se determinar as equações para o resto da rotação. Para  $120^\circ < \theta < 240^\circ$ :

$$s(\theta) = 12 \cdot [10 \cdot \left(\frac{\theta - 2.094}{0.873}\right)^3 - 15 \cdot \left(\frac{\theta - 2.094}{0.873}\right)^4 + 6 \cdot \left(\frac{\theta - 2.094}{0.873}\right)^5] \quad (12)$$

$$s(\theta) = 12 \quad (13)$$

$$s(\theta) = 12 \cdot [1 - (10 \cdot \left(\frac{\theta - 3.316}{0.873}\right)^3 - 15 \cdot \left(\frac{\theta - 3.316}{0.873}\right)^4 + 6 \cdot \left(\frac{\theta - 3.316}{0.873}\right)^5)] \quad (14)$$

Para  $240^\circ < \theta < 360^\circ$ :

$$s(\theta) = 12 \cdot [10 \cdot \left(\frac{\theta - 4.189}{0.873}\right)^3 - 15 \cdot \left(\frac{\theta - 4.189}{0.873}\right)^4 + 6 \cdot \left(\frac{\theta - 4.189}{0.873}\right)^5] \quad (15)$$

$$s(\theta) = 12 \quad (16)$$

$$s(\theta) = 12 \cdot [1 - (10 \cdot \left(\frac{\theta - 5.411}{0.873}\right)^3 - 15 \cdot \left(\frac{\theta - 5.411}{0.873}\right)^4 + 6 \cdot \left(\frac{\theta - 5.411}{0.873}\right)^5)] \quad (17)$$

Assim, plotanto o grafico da posição:

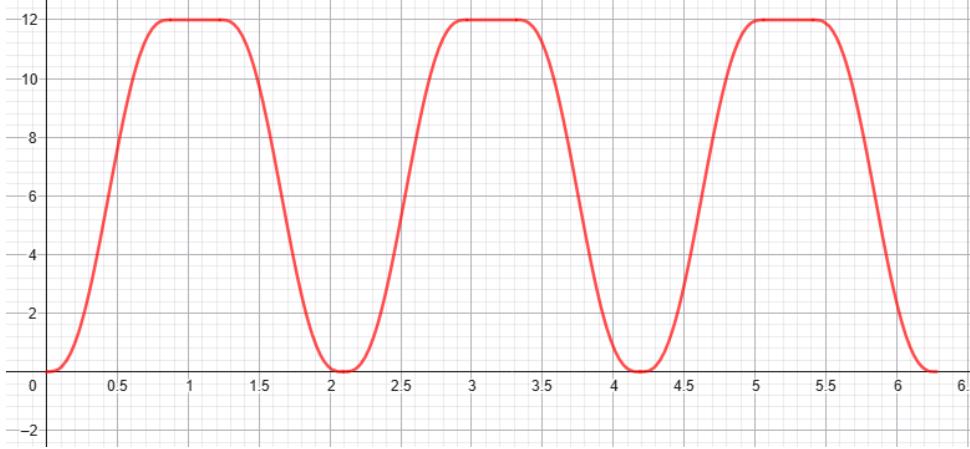


Figura 1: Deslocamento do seguidor em função de  $\theta$ .

### 3.2. VELOCIDADE

Para a velocidade os valores de  $\beta$  continuam os mesmos. Assim, a equação da velocidade para o trecho 1 é:

$$v(\theta) = 360 \cdot \frac{15.708}{0.873} \cdot \left[ \left( \frac{\theta}{0.873} \right)^2 - 2 \cdot \left( \frac{\theta}{0.873} \right)^3 + \left( \frac{\theta}{0.873} \right)^4 \right] \quad (18)$$

Para o trecho 2:

$$v(\theta) = 0 \quad (19)$$

Para o trecho 3:

$$v(\theta) = -360 \cdot \frac{15.708}{0.873} \left[ \left( \frac{\theta - 1.222}{0.873} \right)^2 - 2 \cdot \left( \frac{\theta - 1.222}{0.873} \right)^3 + \left( \frac{\theta - 1.222}{0.873} \right)^4 \right] \quad (20)$$

Para  $120^\circ < \theta < 240^\circ$ :

$$v(\theta) = 360 \cdot \frac{15.708}{0.873} \left[ \left( \frac{\theta - 2.094}{0.873} \right)^2 - 2 \cdot \left( \frac{\theta - 2.094}{0.873} \right)^3 + \left( \frac{\theta - 2.094}{0.873} \right)^4 \right] \quad (21)$$

$$v(\theta) = 0 \quad (22)$$

$$v(\theta) = -360 \cdot \frac{15.708}{0.873} \left[ \left( \frac{\theta - 3.316}{0.873} \right)^2 - 2 \cdot \left( \frac{\theta - 3.316}{0.873} \right)^3 + \left( \frac{\theta - 3.316}{0.873} \right)^4 \right] \quad (23)$$

Para  $240^\circ < \theta < 360^\circ$ :

$$v(\theta) = 360 \cdot \frac{15.708}{0.873} \left[ \left( \frac{\theta - 4.189}{0.873} \right)^2 - 2 \cdot \left( \frac{\theta - 4.189}{0.873} \right)^3 + \left( \frac{\theta - 4.189}{0.873} \right)^4 \right] \quad (24)$$

$$v(\theta) = 0 \quad (25)$$

$$v(\theta) = -360 \cdot \frac{15.708}{0.873} \left[ \left( \frac{\theta - 5.411}{0.873} \right)^2 - 2 \cdot \left( \frac{\theta - 5.411}{0.873} \right)^3 + \left( \frac{\theta - 5.411}{0.873} \right)^4 \right] \quad (26)$$

Assim, o gráfico da velocidade é:

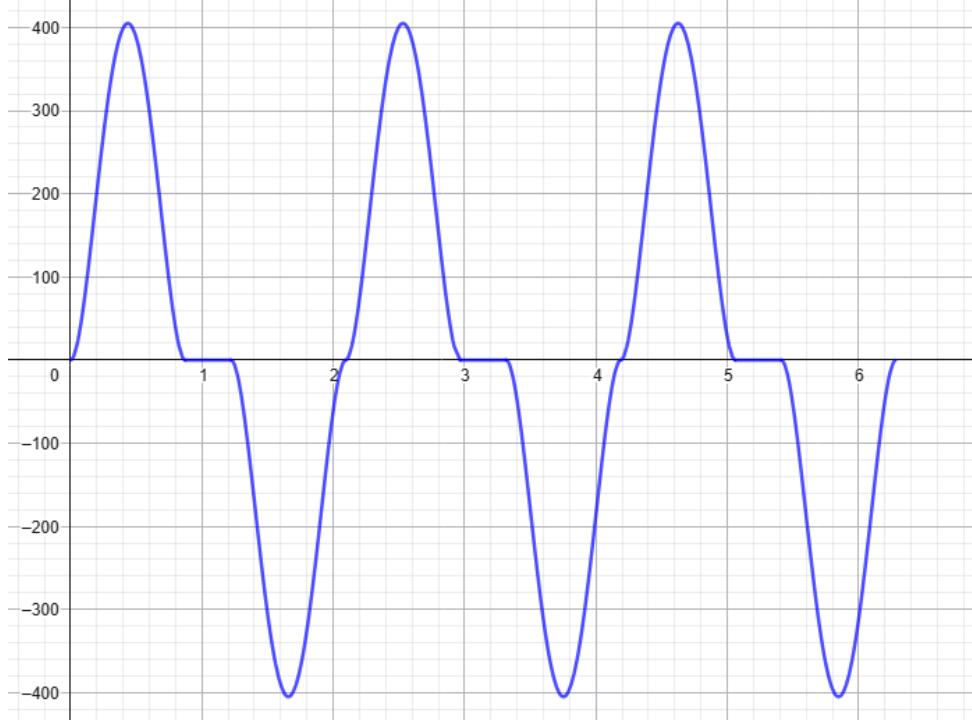


Figura 2: Velocidade do seguidor em função de  $\theta$ .

### 3.3. ACELERAÇÃO

Para a aceleração no trecho 1 tem-se:

$$v(\theta) = 720 \cdot \left( \frac{15.708}{0.873} \right)^2 \cdot \left[ \left( \frac{\theta}{0.873} \right) - 3 \cdot \left( \frac{\theta}{0.873} \right)^2 + 2 \cdot \left( \frac{\theta}{0.873} \right)^3 \right] \quad (27)$$

Para o trecho 2:

$$v(\theta) = 0 \quad (28)$$

Para o trecho 3:

$$v(\theta) = -720 \cdot \left( \frac{15.708}{0.873} \right)^2 \left[ \left( \frac{\theta - 1.222}{0.873} \right) - 3 \cdot \left( \frac{\theta - 1.222}{0.873} \right)^2 + 2 \cdot \left( \frac{\theta - 1.222}{0.873} \right)^3 \right] \quad (29)$$

Para  $120^\circ < \theta < 240^\circ$ :

$$v(\theta) = 720 \cdot \left( \frac{15.708}{0.873} \right)^2 \left[ \left( \frac{\theta - 2.094}{0.873} \right) - 3 \cdot \left( \frac{\theta - 2.094}{0.873} \right)^2 + 2 \cdot \left( \frac{\theta - 2.094}{0.873} \right)^3 \right] \quad (30)$$

$$v(\theta) = 0 \quad (31)$$

$$v(\theta) = -720 \cdot \left(\frac{15.708}{0.873}\right)^2 \left[\left(\frac{\theta - 3.316}{0.873}\right) - 3 \cdot \left(\frac{\theta - 3.316}{0.873}\right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{\theta - 3.316}{0.873}\right)^3\right] \quad (32)$$

Para  $240^\circ < \theta < 360^\circ$ :

$$v(\theta) = 720 \cdot \left(\frac{15.708}{0.873}\right)^2 \cdot \left[\left(\frac{\theta - 4.189}{0.873}\right) - 3 \cdot \left(\frac{\theta - 4.189}{0.873}\right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{\theta - 4.189}{0.873}\right)^3\right] \quad (33)$$

$$v(\theta) = 0 \quad (34)$$

$$v(\theta) = -720 \cdot \left(\frac{15.708}{0.873}\right)^2 \left[\left(\frac{\theta - 5.411}{0.873}\right) - 3 \cdot \left(\frac{\theta - 5.411}{0.873}\right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{\theta - 5.411}{0.873}\right)^3\right] \quad (35)$$

Assim, o gráfico da velocidade é:

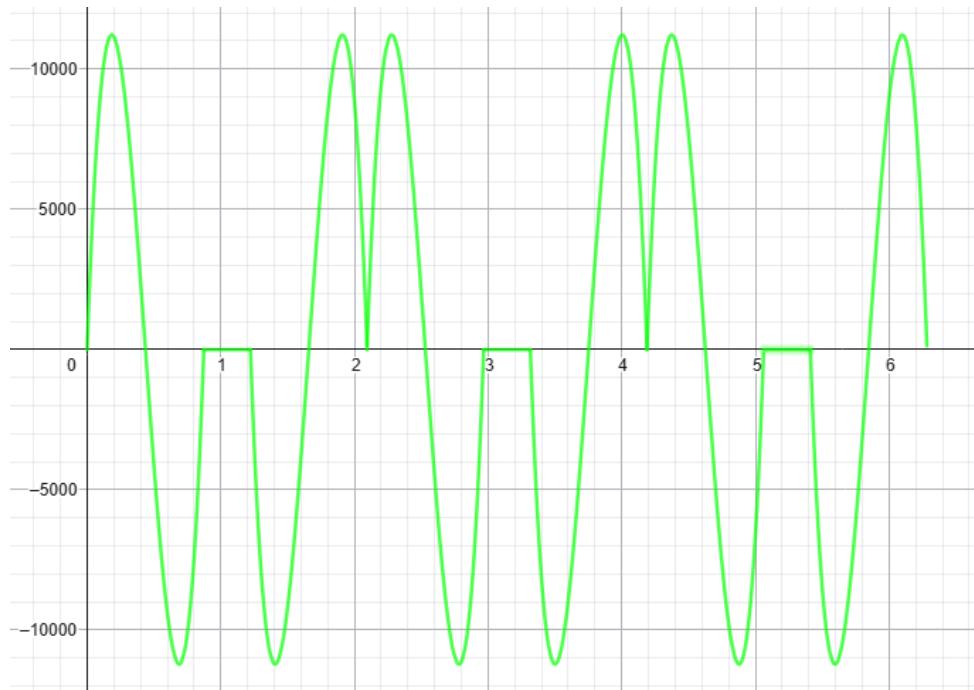


Figura 3: Aceleração do seguidor em função de  $\theta$ .

#### 4. ANGULO DE PRESSÃO

Para calcular o gráfico do ângulo de pressão, é necessário levar em conta o raio de base do came  $R_b = 19mm$ , a posição  $S(\theta)$  do came e a velocidade  $\frac{ds}{d\theta}$ . Com estes dados, o angulo de pressão é dado por:

$$\phi(\theta) = \arctan \frac{\frac{ds}{d\theta}}{R_b + s(\theta)} \quad (36)$$